



TESIS - RE142541

Inventarisasi Dan Penentuan Kemampuan Serapan Emisi CO₂ Oleh Ruang Terbuka Hijau Di Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur

IZZATI WINDA MURTI
3313 2010 03

PEMBIMBING:

Prof. Ir. Joni Hermana, MScES, PhD.
Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, M.T.

PROGRAM MAGISTER
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015



THESIS - RE142541

***Inventory and Determination of CO₂
Absorption Capability by Green Open Space in
Sidoarjo, East Java***

IZZATI WINDA MURTI
3313 2010 03

SUPERVISOR :
Prof. Ir. Joni Hermana, MScES, PhD.
Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, M.T.

MASTER PROGRAM
DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND PLANNING
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015

Testa disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (MT)

di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

oleh :


Izzati Winda Marli

Nrp. 3315 201 003


Tanggal Ujian : 6 Januari 2015

Periode Wisuda : Maret 2015


Direktori Oleh :


1. Prof. Joni Hermans, MScES., PhD
NIP: 19640618198031002


(Pembimbing I)


2. Dr. Ir. Rachmat Hoesnanto, MT
NIP: 196501161997031001


(Pembimbing II)


3. Prof. Dr. Ir. Niek Karmuningroem, M.Sc
NIP: 195501281985031001

(Penguji)


4. Ipong Fitri Purwanti, ST., MT., PhD
NIP: 19711114200312201

(Penguji)


5. Dr. Eng. Arie Dipureza Syafri, ST., MEPM
NIP: 198201192005011001

(Penguji)

Direktur Program Pascasarjana,


Prof. Dr. Ir. Adi Soerijanto, MT
NIP: 196404051990021001

Inventarisasi Dan Penentuan Kemampuan Serapan Emisi CO₂ Oleh Ruang Terbuka Hijau Di Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur

Mahasiswa : Izzati Winda Murti
NRP : 3313 201 003
Pembimbing : Prof. Ir. Joni Hermana, MSc.ES.PhD
Co Pembimbing : Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT.

ABSTRAK

Sidoarjo dikenal sebagai salah satu pusat industri di wilayah Jawa Timur. Peningkatan jumlah industri akan mempengaruhi aktifitas lalu lintas dan permukiman di sekitarnya. Salah satu cara untuk mengurangi emisi CO₂ adalah memanfaatkan tumbuhan untuk menyerapnya. Ruang terbuka hijau merupakan rosot karbon (*carbon sink*) yang efektif untuk mengurangi emisi CO₂ di atmosfer karena kemampuannya dalam menyerap CO₂ dan menghasilkan O₂ melalui proses fotosintesis. Berdasarkan dokumen master plan tersebut, Sidoarjo masih membutuhkan penambahan kurang lebih 4.526,18 Ha RTH publik dan 2.218 Ha RTH privat. Untuk dapat memenuhi kekurangan tersebut dibutuhkan upaya pengelolaan dan pemantauan sehingga upaya peningkatan RTH dapat berjalan dengan baik. Salah satu upaya pengelolaan yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan inventarisasi kondisi eksisting RTH di Kabupaten Sidoarjo. Sehingga dapat diketahui wilayah mana yang membutuhkan perhatian khusus dalam upaya pemenuhan standart luas area RTH.

Pada penelitian ini, langkah awal yang dilakukan adalah inventarisasi RTH eksisting baik RTH privat maupun publik yang berada di wilayah Kabupaten Sidoarjo. Kemudian dilakukan analisis kemampuan RTH dalam menyerap CO₂ berdasarkan pendekatan luas area RTH. Untuk menentukan kecukupan daya serap emisi CO₂ oleh RTH di Kabupaten Sidoarjo, dilakukan penentuan estimasi beban emisi CO₂ menggunakan Box Model. Hasil perbandingan daya serapan dengan beban emisi dipetakan untuk mengetahui persebaran kecukupan RTH di Kabupaten Sidoarjo.

Berdasarkan hasil inventarisasi diperoleh bahwa luasan RTH di Kabupaten Sidoarjo sudah melebihi 30% luas wilayahnya. Total serapan emisi CO₂ di Kabupaten Sidoarjo oleh RTH dengan pendekatan luas area juga mencukupi. Namun terdapat beberapa kecamatan yang membutuhkan penambahan luasan RTH agar dapat menyerap emisi CO₂ yang dibebankan yakni Kecamatan Porong dan Balongbendo. Sehingga dilakukan penyusunan skenario peningkatan RTH di kedua kecamatan tersebut dengan melakukan penambahan luas RTH sebesar 1,8 Ha di Porong dan 30,19 Ha di Balongbendo.

Kata kunci: Inventarisasi, Ruang Terbuka Hijau, Serapan Karbon, Sidoarjo.

-Halaman Ini Sengaja Dikosongkan-

Inventory and Determination of CO₂ Absorption Capability by Green Open Space in Sidoarjo, East Java

*Student : Izzati Winda Murti
Student number : 3313 201 003
Supervisor : Prof. Ir. Joni Hermana, MSc.ES.Phd
Co Supervisor : Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT.*

ABSTRACT

Sidoarjo is known as one of the industrial centers in East Java. The increasing number of industries will affect traffic activities and activities in the surrounding settlements. One way to reduce CO₂ emissions is to use plants to absorb it. Green open space is an effective carbon sinks CO₂ and produce O₂ through the process of photosynthesis. Based on the master plan document, Sidoarjo still requires the addition of 4526.18 hectares of public green space and 2,218 ha of private green space. To meet these requirements, it takes the efforts of management and monitoring so that efforts to increase green space to run well. One of the management effort is to conduct an inventory of the existing condition of green open space in Sidoarjo. So it is known which areas require special attention in order to fulfill the standard area of green space.

In this study, the initial step is an inventory of the existing green space both private and public green space located in Sidoarjo. Then performed an analysis of the ability of green open space in the area to absorb CO₂ based on the area of green space. The last step is mapping the existing presence of green space and green space absorption capability of the carbon emissions. To determine the adequacy of absorption of CO₂ emissions by RTH in Sidoarjo, the estimated burden of CO₂ emissions is determined using the method Box Model. he results of the comparison between the emission and absorption ability are then mapped to determine the adequacy of the distribution of green space in Sidoarjo.

Based on the results obtained that the inventory of green space area in Sidoarjo already exceeded 30% of the total area. The total uptake of CO₂ emissions in Sidoarjo by RTH with broad approach is also sufficient area. However, there are some districts that require the addition of green space area in order to absorb the CO₂ emissions charged, the two districts are Porong and Balongbendo. Therefore it is necessary to prepare scenarios increase green space in both these districts by adding extensive green space of 1.8 hectares in Porong and 30.19 ha in Balongbendo.

Keywords: Inventory, green open space, Carbon Uptake, Sidoarjo.

-Halaman Ini Sengaja Dikosongkan-

Inventarisasi Dan Penentuan Kemampuan Serapan Emisi CO₂ Oleh Ruang Terbuka Hijau Di Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur

Mahasiswa : Izzati Winda Murti
NRP : 3313 201 003
Pembimbing : Prof. Ir. Joni Hermana, MSc.ES.PhD
Co Pembimbing : Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT.

ABSTRAK

Sidoarjo dikenal sebagai salah satu pusat industri di wilayah Jawa Timur. Peningkatan jumlah industri akan mempengaruhi aktifitas lalu lintas dan permukiman di sekitarnya. Salah satu cara untuk mengurangi emisi CO₂ adalah memanfaatkan tumbuhan untuk menyerapnya. Ruang terbuka hijau merupakan rosot karbon (*carbon sink*) yang efektif untuk mengurangi emisi CO₂ di atmosfer karena kemampuannya dalam menyerap CO₂ dan menghasilkan O₂ melalui proses fotosintesis. Berdasarkan dokumen master plan tersebut, Sidoarjo masih membutuhkan penambahan kurang lebih 4.526,18 Ha RTH publik dan 2.218 Ha RTH privat. Untuk dapat memenuhi kekurangan tersebut dibutuhkan upaya pengelolaan dan pemantauan sehingga upaya peningkatan RTH dapat berjalan dengan baik. Salah satu upaya pengelolaan yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan inventarisasi kondisi eksisting RTH di Kabupaten Sidoarjo. Sehingga dapat diketahui wilayah mana yang membutuhkan perhatian khusus dalam upaya pemenuhan standart luas area RTH.

Pada penelitian ini, langkah awal yang dilakukan adalah inventarisasi RTH eksisting baik RTH privat maupun publik yang berada di wilayah Kabupaten Sidoarjo. Kemudian dilakukan analisis kemampuan RTH dalam menyerap CO₂ berdasarkan pendekatan luas area RTH. Untuk menentukan kecukupan daya serap emisi CO₂ oleh RTH di Kabupaten Sidoarjo, dilakukan penentuan estimasi beban emisi CO₂ menggunakan Box Model. Hasil perbandingan daya serapan dengan beban emisi dipetakan untuk mengetahui persebaran kecukupan RTH di Kabupaten Sidoarjo.

Berdasarkan hasil inventarisasi diperoleh bahwa luasan RTH di Kabupaten Sidoarjo sudah melebihi 30% luas wilayahnya. Total serapan emisi CO₂ di Kabupaten Sidoarjo oleh RTH dengan pendekatan luas area juga mencukupi. Namun terdapat beberapa kecamatan yang membutuhkan penambahan luasan RTH agar dapat menyerap emisi CO₂ yang dibebankan yakni Kecamatan Porong dan Balongbendo. Sehingga dilakukan penyusunan skenario peningkatan RTH di kedua kecamatan tersebut dengan melakukan penambahan luas RTH sebesar 1,8 Ha di Porong dan 30,19 Ha di Balongbendo.

Kata kunci: Inventarisasi, Ruang Terbuka Hijau, Serapan Karbon, Sidoarjo.

-Halaman Ini Sengaja Dikosongkan-

Inventory and Determination of CO₂ Absorption Capability by Green Open Space in Sidoarjo, East Java

Student : Izzati Winda Murti
Student number : 3313 201 003
Supervisor : Prof. Ir. Joni Hermana, MSc.ES.PhD
Co Supervisor : Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT.

ABSTRACT

Sidoarjo is known as one of the industrial centers in East Java. The increasing number of industries will affect traffic activities and activities in the surrounding settlements. One way to reduce CO₂ emissions is to use plants to absorb it. Green open space is an effective carbon sinks CO₂ and produce O₂ through the process of photosynthesis. Based on the master plan document, Sidoarjo still requires the addition of 4526.18 hectares of public green space and 2,218 ha of private green space. To meet these requirements, it takes the efforts of management and monitoring so that efforts to increase green space to run well. One of the management effort is to conduct an inventory of the existing condition of green open space in Sidoarjo. So it is known which areas require special attention in order to fulfill the standard area of green space.

In this study, the initial step is an inventory of the existing green space both private and public green space located in Sidoarjo. Then performed an analysis of the ability of green open space in the area to absorb CO₂ based on the area of green space. The last step is mapping the existing presence of green space and green space absorption capability of the carbon emissions. To determine the adequacy of absorption of CO₂ emissions by RTH in Sidoarjo, the estimated burden of CO₂ emissions is determined using the method Box Model. he results of the comparison between the emission and absorption ability are then mapped to determine the adequacy of the distribution of green space in Sidaorjo.

Based on the results obtained that the inventory of green space area in Sidoarjo already exceeded 30% of the total area. The total uptake of CO₂ emissions in Sidaorjo by RTH with broad approach is also sufficient area. However, there are some districts that require the addition of green space area in order to absorb the CO₂ emissions charged, the two districts are Porong and Balongbendo. Therefore it is necessary to prepare scenarios increase green space in both these districts by adding extensive green space of 1.8 hectares in Porong and 30.19 ha in Balongbendo.

Keywords: Inventory, green open space, Carbon Uptake, Sidoarjo.

-Halaman Ini Sengaja Dikosongkan-

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT karena dengan rahmat dan hidayah-Nya Tesis dengan judul “Inventarisasi dan Penentuan Kemampuan Serapan Emisi CO₂ Oleh Ruang Terbuka Hijau Di Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur” ini bisa terselesaikan dengan cukup baik. Pembuatan tesis ini tidak akan berjalan dengan lancar apabila tidak ada dukungan serta bantuan orang-orang sekitar. Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Ir. Joni Hermana, MScES., Ph.D. selaku pembimbing yang selalu mengarahkan dan memberi masukan dalam penyusunan tesis ini.
2. Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT. selaku co-pembimbing yang selalu mengarahkan dan memberi masukan dalam penyusunan tesis ini.
3. Abdu Fadli Assomadi, SSi., MT. yang selalu mengarahkan dan memberi masukan dalam penyusunan tesis ini.
4. Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, MSc, Dr. Ipung Fitri Purwanti, ST., MT., PhD dan Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, ST., MEPM selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan pada penyusunan tesis ini.
5. Tim Kabupaten Sidoarjo Veny Rachmawati dan Yonnet Hellian Kresna yang senantiasa kompak selama proses pengambilan data primer dan sekunder di Kabupaten Sidoarjo.
6. Teman-teman Laboratorium Pengendalian Pencemaran Udara dan Perubahan Iklim yang selalu bersedia meluangkan waktu bertukar pikiran dan informasi selama proses pembuatan tesis ini.
7. Gendewa Tunas Rancak, Cesaria Wahyu Lukita dan Praditya Sigit Ardisty Sitogasa untuk doa serta semangat bersama dalam penyusunan tesis.
8. Teman-teman angkatan 2013 program pasca sarjana Jurusan Teknik Lingkungan yang senantiasa memberi dukungan dalam pembuatan proposal ini.
9. Seluruh pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah membantu dalam pembuatan proposal ini.

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada kedua orang tua serta keluarga yang tidak pernah berhenti memberi motivasi serta doa hingga terselesaikannya tesis ini.

Penulis berharap semoga proposal ini dapat bermanfaat serta dapat dipahami oleh semua pihak.

Hormat,

Penulis

-Halaman Ini Sengaja Dikosongkan-

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Ruang Lingkup	4
1.5 Manfaat	6
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Gambaran Umum Kabupaten Sidoarjo	7
2.1.1 Kondisi Fisik Lingkungan	7
2.1.2 Keadaan Penduduk	9
2.1.3 Kondisi Pemanfaatan Lahan Kabupaten Sidoarjo	10
2.1.4 Status Wilayah Perkotaan dan Pedesaan Kabupaten Sidoarjo	11
2.1.5 Ruang Terbuka Hijau (RTH) Kabupaten Sidoarjo	12
2.2 Emisi Karbon Dioksida (CO ₂) dan Perhitungannya	14
2.2.1 Emisi Karbon Dioksida (CO ₂)	14
2.2.2 Perhitungan Emisi CO ₂	17
2.3 Emisi (CO ₂) Dengan Box Model	19
2.4 Ruang Terbuka Hijau (RTH)	22
2.4.1 Definisi	22
2.4.2 Tujuan, Fungsi dan Manfaat Ruang Terbuka Hijau (RTH)	23
2.4.3 Tipologi Ruang Terbuka Hijau (RTH)	24
2.4.4 Proporsi Ruang Terbuka Hijau (RTH)	25
2.4.5 Elemen Pengisi Ruang Terbuka Hijau (RTH)	26
2.5 Peran Tumbuhan Hijau Sebagai Penyerap CO ₂	27
2.6 Inventarisasi Serapan CO ₂ Oleh RTH	31
2.6.1 Inventarisasi Gas Rumah Kaca (GRK)	31
2.6.2 Inventarisai Serapan CO ₂	32
2.6.3 Metode Inventarisai Serapan CO ₂	33

2.7 Sistem Informasi Geografis (SIG)	34
2.8 Penelitian Terdahulu	34
 BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Umum	37
3.2 Kerangka Penelitian	38
3.3 Tahapan Penelitian	40
3.3.1. Ide Penelitian	40
3.3.2. Studi Literatur	41
3.3.3. Pengumpulan Data	41
3.3.3.1 Data Primer dan Sekunder	41
3.3.3.2 Metode Sampling	42
3.3.4. Pengolahan Data Primer dan Data Sekunder	43
3.3.5. Pembahasan	46
3.3.6. Tahap Kesimpulan dan Saran	48
 BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN	
4.1 Aspek Teknis	49
4.1.1 Inventarisasi dan Potensi Penyerapan Masing-Masing Ruang Terbuka Hijau	50
4.1.1.1 Ruang Terbuka Hijau Publik	50
4.1.1.2 Ruang Terbuka Hijau Privat	71
4.1.1.3 Luas dan Potensi Daya Serap Ruang Terbuka Hijau Total Kabupaten Sidoarjo	81
4.1.2 Sumber dan Beban Emisi CO ₂	83
4.1.2.1 Emisi CO ₂ dari Kegiatan Permukiman	83
4.1.2.2 Emisi CO ₂ dari Kegiatan Industri	89
4.1.2.3 Emisi CO ₂ dari Kegiatan Transportasi	92
4.1.2.4 Emisi CO ₂ Total	95
4.1.2.5 Penentuan Beban Emisi CO ₂ di Kabupaten Sidoarjo dengan Box Model	97
4.1.2.6 Hubungan Sumber Emisi dan Penyerapan	102
4.2. Aspek Lingkungan	104
4.3. Aspek Ekonomi	111
 BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	115
5.2 Saran	115
 DAFTAR PUSTAKA	
BIODATA PENULIS	121

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Luas Wilayah (km ²) dan Jumlah Penduduk Menurut Kecamatan Hasil Sensus Penduduk 1990, 2000, 2010	10
Tabel 2.2	Jumlah Kepala Keluarga Berdasarkan Status Wilayah Desa dan Kota di Kabupaten Sidoarjo	12
Tabel 2.3	Rencana Pemenuhan RTH Kabupaten Sidoarjo	13
Tabel 2.4	Faktor Konversi Jenis Kendaraan ke smp (satuan mobil Penumpang)	17
Tabel 2.5	Faktor Emisi Menurut Jenis Bahan Bakar	18
Tabel 2.6	Nilai NCV dan CEF untuk Kegiatan Industri	19
Tabel 2.7	Arah dan Kecepatan Rata-Rata Angin Di Kabupaten Sidoarjo	21
Tabel 2.8	Daya Serap Gas CO ₂ Berbagai Tipe Penutup Vegetasi	28
Tabel 2.9	Intensitas Cahaya.....	29
Tabel 3.1	Jenis Data Sekunder yang Dibutuhkan dan Sumber Data.....	42
Tabel 4.1	Kondisi Eksisting Beberapa RTH Pedestrian, Taman Pulau Jalan dan Median Jalan	53
Tabel 4.2	Luas Masing-Masing Jenis RTH Publik Perkecamatan Di Kabupaten Sidoarjo	56
Tabel 4.3	Laju Serapan CO ₂ oleh RTH	58
Tabel 4.4	Daya Serap Emisi CO ₂ oleh RTH Taman Kota di Kabupaten Sidoarjo	60
Tabel 4.5	Daya Serap Emisi CO ₂ Oleh RTH Luas Jalur Hijau, Pulau dan Median Jalan di Tiap Kecamatan di Kabupaten Sidoarjo	61
Tabel 4.6	Daya Serap Emisi CO ₂ Oleh RTH Jalur Hijau Jalan TOL di Tiap Kecamatan di Kabupaten Sidoarjo	63
Tabel 4.7	Daya Serap Emisi CO ₂ Oleh RTH Sawah di Tiap Kecamatan di Kabupaten Sidoarjo	64
Tabel 4.8	Daya Serap Emisi CO ₂ Oleh RTH Lapangan di Tiap Kecamatan di Kabupaten Sidoarjo	65
Tabel 4.9	Daya Serap Emisi CO ₂ Oleh RTH Tambak di Wilayah Kabupaten Sidoarjo	67
Tabel 4.10	Daya Serap Emisi CO ₂ Oleh RTH Pemakaman di Tiap Kecamatan di Kabupaten Sidoarjo	68
Tabel 4.11	Daya Serap Emisi CO ₂ Oleh RTH Mangrove di Kabupaten Sidoarjo	69
Tabel 4.12	Jumlah Sampel	72
Tabel 4.13	Data Respoden No,1	73
Tabel 4.14	Rata-Rata Tutupan (LT)Vegetasi Berdasarkan Wilayah Pedesaan dan Perkotaan Kabupaten sidoarjo.....	74

Tabel 4.15	Luas Total RTH Privat	75
Tabel 4.16	Kemampuan Serapan CO ₂	78
Tabel 4.17	Kemampuan Serapan CO ₂ Oleh RTH Privat Per Kecamatan Di pKabupaten Sidoarjo	79
Tabel 4.18	Luas dan Daya Serap RTH Kabupaten Sidoarjo	81
Tabel 4.19	Nilai NCV dan EF untuk Kegiatan Pemukiman	84
Tabel 4.20	Rata-rata Konsumsi Bahan Bakar Berdasarkan Status Wilayah	84
Tabel 4.21	Emisi CO ₂ dari Penggunaan LPG di Tiap Kecamatan	86
Tabel 4.22	Emisi CO ₂ dari Penggunaan Minyak Tanah di Tiap Kecamatan	87
Tabel 4.23	Emisi CO ₂ dari Penggunaan Kayu Bakar di Tiap Kecamatan.....	89
Tabel 4.24	Rata-Rata Emisi Karbon Tiap Jenis Industri.....	90
Tabel 4.25	Emisi Total Maisng-Masing Jenis Industri Tiap Kecamatan Di Kabupaten Sidoarjo	92
Tabel 4.26	Jumlah Kendaraan Dari Masing-Masing Jenis Bahan Bakar yang Digunakan Di Wilayah Kabupaten Sidoarjo	93
Tabel 4.27	Penentuan Emisi Sektor Transportasi	95
Tabel 4.28	Emisi CO ₂ Total	96
Tabel 4.29	Beban Emisi CO ₂ di Tiap Kecamatan	101
Tabel 4.30	Resultan Emisi dan Serapan.....	103
Tabel 4.31	Skenario Ekstensifikasi Ruang Terbuka Hijau.....	108
Tabel 4.32	Hasil Perhitungan Finansial Skenario 1.....	112
Tabel 4.33	Hasil Perhitungan Finansial Skenario 2.....	112
Tabel 4.34	Hasil Perhitungan Finansial Skenario 3.....	113

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Peta Administrasi Kabupaten Sidoarjo.....	8
Gambar 2.2	Persentase Persebaran Penduduk di Kabupaten Sidoarjo.....	9
Gambar 2.3	Pemenuhan RTH Di Kabupaten Sidoarjo	13
Gambar 2.4	Salah Satu Jalur Hijau dan Alun-Alun Kabupaten Sidoarjo	14
Gambar 2.5	Prosentase Gas Rumah Kaca di Atmosfer.....	15
Gambar 2.6	Siklus Karbon Di Atmosfer	16
Gambar 2.7	Visualisasi Box Model	19
Gambar 2.8	Tipologi RTH (Sumber: Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 05/PRT/M/2008 tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau Di Kawasan Perkotaan).....	24
Gambar 2.9	Contoh Tata Letak Jalur Hijau Jalan	24
Gambar 2.10	Pola Peletakan RTH Jalur Hijau.....	25
Gambar 2.11	Bagan Proporsi RTH Kawasan Perkotaan	26
Gambar 3.1	Kerangka Penelitian	40
Gambar 2.10	Contoh Tata Letak Jalur Hijau Jalan	24
Gambar 2.11	Pola Peletakan RTH Jalur Hijau.....	25
Gambar 2.12	Bagan Proporsi RTH Kawasan Perkotaan	27
Gambar 3.1	Kerangka Penelitian	39
Gambar 3.2	Visualisasi Penentuan Persentase Kerapatan Tajuk	45
Gambar 4.1	Gambaran Jalur Hijau di Kabupaten Sidoarjo	51
Gambar 4.2	Pola penanaman Pohon Tidak Rapat di Jalur TOL Sidoarjo	63
Gambar 4.3	Kondisi Eksisting Vegetasi RTH Tambak	66
Gambar 4.4	Persentase Daya Serap CO ₂ Oleh RTH Publik Perkecamatan Di Kabupaten Sidoarjo	70
Gambar 4.5	Persentase Rata-Rata Luas Tutupan Vegetasi Per Satatus Wilayah.....	76
Gambar 4.6	Luas RTH Privat Eksisting dan Syarat Luas Minimal Sesuai Peraturan.....	77
Gambar 4.7	Kemampuan Serapan CO ₂ Oleh RTH Privat Per Kecamatan di Kabupaten Sidoarjo	80
Gambar 4.8	Peta Total Luas Ruang Terbuka Hijau Perkecamatan Di Kabupaten Sidoarjo.....	82
Gambar 4.9	Kemampuan Serapan Emisi CO ₂ Oleh Ruang Terbuka Hijau Perkecamatan Di Kabupaten Sidoarjo.....	83
Gambar 4.10	Prosentase Rata-rata Penggunaan Bahan Bakar Tiap Wilayah ...	85
Gambar 4.11	Perbandingan Emisi CO ₂ dari Sektor Transportasi, Industri dan Pemukiman	96
Gambar 4.12	Visualisasi <i>Box Model</i> Permukiman	97

Gambar 4.13	Peta Beban Emisi CO ₂	102
Gambar 4.14	Peta Resultan Emisi CO ₂	104
Gambar 4.15	Bentuk Pemanfaatan Atap sebagai <i>Roof Garden</i>	107
Gambar 4.16	Pola Penanaman Kombinasi 100% Pohon dan Perdu	110
Gambar 4.17	Pola Penanaman vertikal	111

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sidoarjo merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Jawa Timur yang mengalami perkembangan pesat terutama di bidang industri, perdagangan, dan jasa. Sidoarjo dikenal sebagai penyangga utama Kota Surabaya, hal ini disebabkan oleh letak Kabupaten Sidoarjo berbatasan dengan Kota Surabaya yang menyebabkan Kabupaten Sidoarjo mendapat limpahan pengembangan ekonomi akibat hubungan kegiatan perekonomian antara Kabupaten Mojokerto, Malang, dan Pasuruan dengan Kota Surabaya (Pradipta, 2012). Apabila ditilik dari aspek lingkungan dan ekonomi, kondisi geografi tersebut menimbulkan dampak positif maupun negatif. Hal ini menjadikan Kabupaten Sidoarjo sebagai salah satu daerah yang perlu mendapatkan perhatian, khususnya keseimbangan lingkungan antara beban emisi CO₂ dari kegiatan antropogenik dengan serapannya.

Sidoarjo dikenal sebagai salah satu pusat industri di wilayah Jawa Timur. Humas DPRD Kabupaten Sidoarjo menyatakan, pertumbuhan industri di Sidoarjo mengalami kenaikan meski terjadi bencana Lumpur Sidoarjo. Selama empat tahun, tercatat pertumbuhan industri di Sidoarjo naik cukup signifikan. Pada 2007 sebanyak 10.252 unit, 2008 tumbuh menjadi 14.079 unit usaha. Begitu juga pada 2009 dan 2010, naik masing-masing menjadi 15.838 dan 15.938 unit usaha. Peningkatan jumlah industri akan mempengaruhi aktifitas lalu lintas dan permukiman di sekitarnya. Sehingga emisi CO₂ yang ditimbulkan dari aktifitas sehari-hari ini akan semakin meningkat.

Untuk mengatasi masalah tersebut harus dilakukan upaya penstabilan konsentrasi CO₂ di atmosfer pada tingkat yang tidak membahayakan sistem. Salah satu upaya untuk menjaga dan mengendalikan konsentrasi gas CO₂ adalah dengan menambah luasan Ruang Terbuka Hijau (RTH) hutan kota (Dahlan, 2004). Ruang terbuka hijau merupakan resor karbon (*carbon sink*) yang efektif untuk mengurangi emisi CO₂ di atmosfer karena kemampuannya dalam menyerap CO₂

dan menghasilkan O₂ melalui proses fotosintesis. Interaksi paling penting antara RTH dengan CO₂ adalah melalui fotosintesis yang dilakukan oleh tumbuhan di dalamnya. Melalui proses ini, secara alami RTH akan mengkonsumsi CO₂ yang selanjutnya akan dikonversi menjadi oksigen (O₂).

Sesuai dengan UU No.26 tahun 2007 Tentang Penataan Ruang bahwa perlu penyediaan dan pemanfaatan ruang terbuka hijau, yang proporsi luasannya ditetapkan paling sedikit 30 (tiga puluh) persen dari total wilayah kota dengan porsi 20% sebagai RTH publik dan 10% sebagai RTH privat, yang diisi oleh tanaman, baik yang tumbuh secara alamiah maupun yang sengaja ditanam. Faktanya RTH di Sidoarjo yang bisa dinikmati masyarakat pada tahun 2009 masih minim dan belum mencapai 30% luas wilayah keseluruhan. Kepala Dinas Kebersihan dan Pertamanan (DKP) Sidoarjo menyatakan Sidoarjo masih kekurangan RTH yang bisa difungsikan untuk kegiatan masyarakat. Pada tahun 2009 kawasan penyangga wilayah Surabaya ini hanya memiliki lima taman. Kelima taman tersebut adalah Alun-alun Kota, Mangundiprojo, Pahlawan, Pondok Jati dan Simpang Gelanggang Olah Raga Delta. Luas taman tak lebih dari empat hektar. Sesuai aturan yang ada, daerah harus menerapkan 30% RTH dari luasan wilayah, 20% RTH yang bisa difungsikan untuk publik dan 10% RTH privat.

Berdasarkan master plan ruang terbuka hijau tahun 2010, diketahui bahwa pengelolaan RTH di Kabupaten Sidoarjo belum maksimal. Berdasarkan dokumen master plan tersebut, Sidoarjo masih membutuhkan penambahan kurang lebih 4.526,18 Ha RTH publik dan 2.218 Ha RTH privat. Untuk dapat memenuhi kekurangan tersebut dibutuhkan upaya pengelolaan dan pemantauan sehingga upaya peningkatan RTH dapat berjalan dengan baik. Salah satu upaya pengelolaan yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan inventarisasi kondisi eksisting RTH di Kabupaten Sidoarjo. Sehingga dapat diketahui wilayah mana yang membutuhkan perhatian khusus dalam upaya pemenuhan standart luas area RTH.

Salah satu fungsi intrinsik keberadaan RTH adalah sebagai resor karbon. Belum tersedia data yang mampu memberikan informasi mengenai kemampuan RTH di Sidoarjo dalam menyerap emisi CO₂. Belum terdapat kumpulan data yang

dapat memberikan informasi baik tingkat kemampuan serapan CO₂ oleh RTH maupun perubahan yang terjadi terhadap luasan RTH di Kabupaten Sidoarjo dari tahun ke tahun. Hal tersebut juga merupakan alasan yang mendorong diperlukannya inventarisasi dan penentuan serapan karbon oleh RTH di Kabupaten Sidoarjo. Sehingga dapat diketahui persebaran, kondisi dan kecukupan RTH eksisting di Kabupaten Sidoarjo dalam menyerap emisi CO₂.

Menurut Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 71 Tahun 2011 Tentang Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca (GRK) Nasional, inventarisasi serapan karbon termasuk dalam kegiatan inventarisasi GRK. Dalam peraturan tersebut disebutkan bahwa inventarisasi GRK adalah kegiatan untuk memperoleh data dan informasi mengenai tingkat, status, dan kecenderungan perubahan emisi GRK secara berkala dari berbagai sumber emisi (*source*) dan penyerapnya (*sink*) termasuk simpanan karbon (*carbon stock*).

Adanya kegiatan inventarisasi serapan karbon ini sangat bermanfaat dalam mendukung aktifitas penurunan emisi gas rumah kaca, khususnya emisi CO₂ di Kabupaten Sidoarjo. Tujuan diadakannya inventarisasi dan penentuan serapan karbon ini adalah untuk mendapatkan informasi mengenai tingkat serapan karbon di Kabupaten Sidoarjo oleh RTH. Dengan demikian dapat diketahui kecukupan RTH di Kabupaten Sidoarjo sebagai penyerap emisi karbon. Seiring dengan itu dapat dilakukan upaya penyeimbangan antara tingkat emisi CO₂ di wilayah Kabupaten Sidoarjo dengan serapannya.

Pentingnya keberadaan RTH kota sebagai serapan emisi CO₂, telah dibuktikan dalam beberapa penelitian. Peningkatan luasan pohon pelindung dan mengoptimalkan pemeliharaan terhadap RTH publik mampu meningkatkan daya serap terhadap CO₂ sebesar 1,14% di wilayah Surabaya Utara, 1,13% di wilayah Surabaya Timur (Pradiptyas, 2011), 2,08% di wilayah Surabaya Pusat dan sebesar 1,42% di wilayah Surabaya Selatan (Widyanadiari, 2011).

Pratiwi (2012) dalam Analisis kecukupan ruang terbuka hijau privat pemukiman dalam menyerap emisi CO₂ dan memenuhi kebutuhan O₂ di Surabaya Utara (Studi kasus: Kecamatan Kenjeran) menyatakan kemampuan serapan CO₂ RTH privat eksisting di Kecamatan Kenjeran untuk tipe rumah sederhana adalah

0,0001408 g/detik, rumah menengah 0,0009187 g/detik dan rumah mewah 0,0005520 g/detik.

Analisis kecukupan daya serap emisi CO₂ olah RTH ini dilakukan berdasarkan tiga aspek. Yakni aspek teknis, aspek ekonomi. Secara teknis akan dibahas tentang kecukupan luas dan kemampuan serapan RTH di Kabupaten Sidoarjo. Dengan dilakukan inventarisasi serta penentuan estimasi kecukupan RTH berdasarkan kemampuan penyerapan karbonnya maka akan diketahui wilayah yang membutuhkan penambahan Kondisi RTH ini akan membawa pengaruh pada kondisi lingkungan, oleh karena itu dilakukan analisis aspek lingkungan dari kecukupan RTH. Seiring dengan itu, dibutuhkan adanya alternatif-alternatif untuk mendukung upaya pemenuhan kebutuhan RTH. Maka dilakukan pembuatan skenario penambahan RTH sesuai wilayah yang membutuhkan perhatian khusus. Pembuatan alternatif-alternatif tersebut diikuti dengan perhitungan secara ekonomi. Dengan demikian dapat diketahui alternatif paling baik dari ketiga aspek.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Apakah luas ruang terbuka hijau di Kabupaten Sidoarjo telah sesuai dengan Rencana Induk Kota (RIK) terhadap kebutuhan RTH?
2. Bagaimanakah kecukupan RTH eksisting dalam menyerap emisi CO₂ dan pemetaan daya serap emisi CO₂ di wilayah Kabupaten Sidoarjo?
3. Bagaimanakah kajian aspek teknis, lingkungan dan ekonomi dalam mendukung kecukupan RTH di Kabupaten Sidoarjo?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengidentifikasi luas ruang terbuka hijau di Kabupaten Sidoarjo sesuai dengan Rencana Induk Kota (RIK) terhadap kebutuhan ruang terbuka hijau.
2. Menganalisis dan memetakan kecukupan RTH eksisting dalam menyerap emisi CO₂ di wilayah Kabupaten Sidoarjo.

3. Mengkaji aspek teknis, lingkungan dan ekonomi dalam mendukung kecukupan RTH di Kabupaten Sidoarjo.

1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini dilakukan untuk melakukan inventarisasi dan menentukan kemampuan serapan CO₂ dari RTH yang tersebar di seluruh wilayah Kabupaten Sidoarjo.
2. Data luas dan persebaran ruang terbuka hijau yang digunakan untuk penelitian adalah data ruang terbuka hijau yang dikelola oleh Pemerintah Kabupaten Sidoarjo termasuk di dalamnya ruang terbuka hijau yang berada di pemukiman di wilayah Kabupaten Sidoarjo.
3. Inventarisasi serapan CO₂ oleh RTH publik dilakukan dengan pendekatan luasan RTH publik yang ada di Kabupaten Sidoarjo.
4. Inventarisasi serapan CO₂ oleh RTH privat dilakukan dengan pendekatan luasan lahan Ruang Terbuka Hijau Privat pekarangan di Permukiman di Kabupaten Sidoarjo.
5. Wilayah penelitian ini adalah di Kabupaten Sidoarjo (18 Kecamatan).
6. Daya serap CO₂ oleh RTH yang dihitung dalam penelitian ini adalah daya serap pohon dan perdu.
7. Dalam analisis kemampuan penyerapan CO₂ tidak memperhitungkan umur tanaman dan perubahan iklim.
8. Ruang Terbuka Hijau Publik yang diamati adalah Taman Kota, sawah, tambak, lapangan, pemakaman, mangrove dan Jalur Hijau (berdasarkan ketersediaan data milik daerah Kabupaten Sidoarjo).
9. Rencana Induk Kota (RIK) Kabupaten Sidoarjo terhadap kebutuhan ruang terbuka hijau tercantum dalam Peraturan Daerah Kabupaten Sidoarjo Nomor 6 Tahun 2009 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Sidoarjo Tahun 2009-2029. Yang mengacu pada Undang-Undang Penataan Ruang Nomor 26 Tahun 2007 dan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 5 Tahun 2008 Tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau Di Kawasan Perkotaan.

10. Sumber emisi CO₂ primer yang dijadikan kontributor dalam perhitungan adalah emisi dari penggunaan bahan bakar di sektor permukiman, transportasi dan industri di Kabupaten Sidoarjo. Data diperoleh dari data sekunder dan hasil survey.
11. Beban emisi dihitung dengan metode Box Model dengan asumsi penyebaran linier (arah timur).
12. Beberapa aspek yang digunakan dalam penelitian ini adalah:
 - Aspek teknis
 - a. Luasan tutupan vegetasi di RTH Publik
 - b. Luasan tutupan perdu dan jenis pohon RTH privat
 - Aspek lingkungan
 - a. Dampak yang ditimbulkan akibat kurangnya RTH bagi lingkungan
 - b. Upaya adaptasi dan mitigasi dampak
 - Aspek ekonomi

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Memperoleh informasi mengenai persebaran, kondisi dan kecukupan RTH eksisting di Kabupaten Sidoarjo dalam menyerap emisi CO₂ yang dihasilkan di Kabupaten Sidoarjo.
2. Sebagai masukan bagi instansi pemerintah maupun peneliti mengenai metode yang sesuai ditinjau dari ketersediaan data milik daerah dalam perhitungan dan penentuan kecukupan RTH di Kabupaten Sidoarjo.
3. Sebagai masukan dan bahan pertimbangan kepada instansi pemerintah dalam penataan ruang Kabupaten Sidoarjo juga kepada masyarakat setempat mengenai pentingnya keberadaan RTH.
4. Sebagai informasi dan pelengkap upaya ekoregion Jawa Timur

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Gambaran Umum Kabupaten Sidoarjo

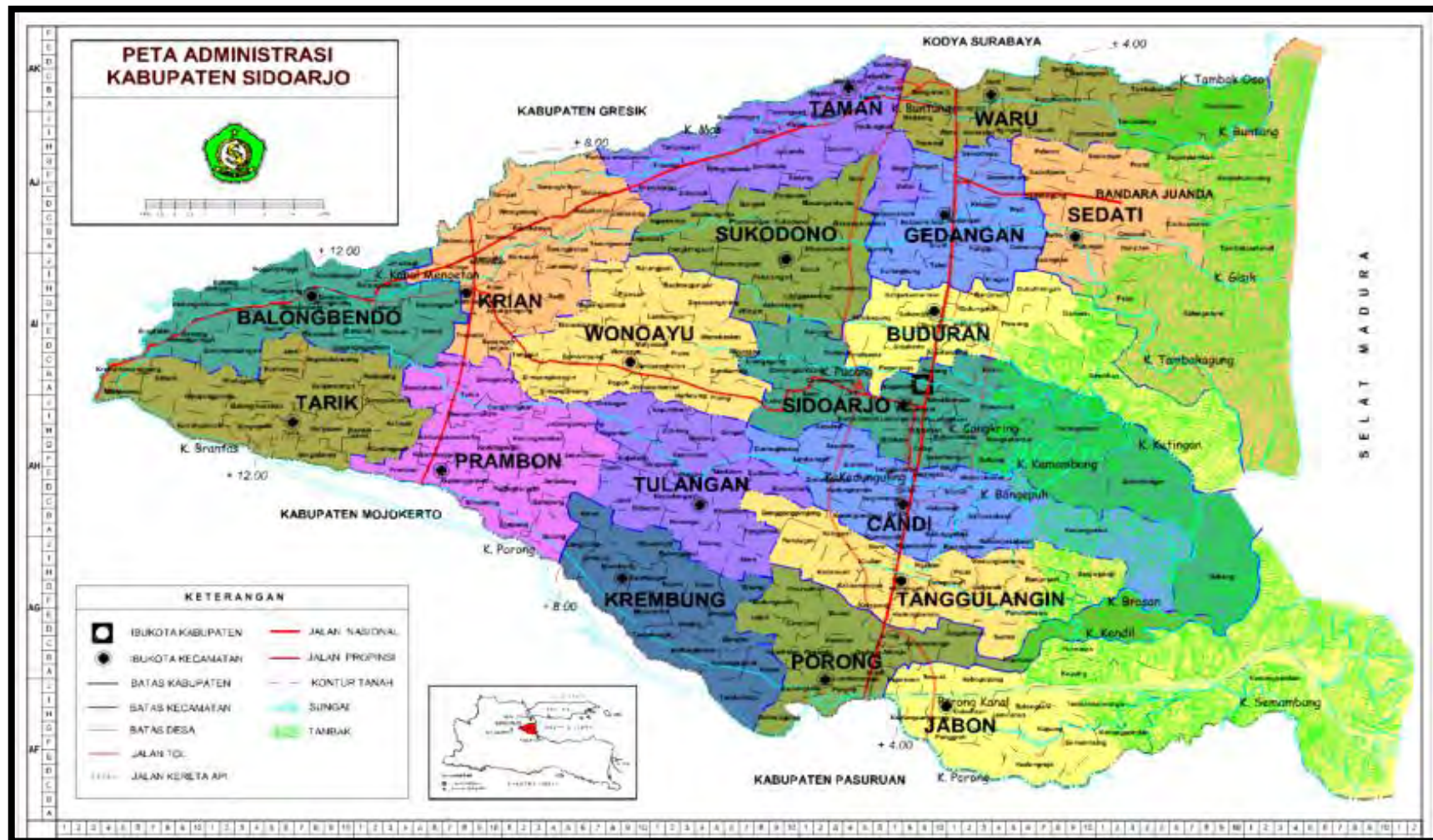
Sidoarjo merupakan kabupaten yang berada di Provinsi Jawa Timur. Sidoarjo adalah Kabupaten yang dihipit dua sungai, sehingga terkenal dengan kota “Delta”. Secara geografis letak Kabupaten Sidoarjo berada di antara 7° 3’ - 7° 5’ Lintang Selatan dan 112° 5’ - 112° 9’ Bujur Timur. Peta batas administratif Kabupaten Sidoarjo dapat dilihat pada Gambar 2.1. Kabupaten Sidoarjo terdiri atas 18 kecamatan, 322 desa dan 31 kelurahan. Kabupaten Sidoarjo memiliki luas wilayah 71.424,25 ha dengan batas-batas wilayah administrasi sebagai berikut:

Sebelah utara	: Kotamadya Surabaya dan Kabupaten Gresik
Sebelah timur	: Selat Madura
Sebelah selatan	: Kabupaten Pasuruan
Sebelah barat	: Kabupaten Mojokerto

2.1.1. Kondisi Fisik Lingkungan

Wilayah Kabupaten Sidoarjo berada di dataran rendah. Ditinjau dari topografi, Kabupaten Sidoarjo merupakan dataran delta dengan ketinggian antara 0-25 m. Wilayah bagian timur memiliki ketinggian 0-3 m dengan luas 19.006 ha (29,99%) merupakan daerah pantai dan pertambakkan. Wilayah bagian tengah, yang berair tawar (40,81%) dengan ketinggian 3-10 m dari permukaan laut merupakan daerah pemukiman, perdagangan dan pemerintahan. Wilayah bagian barat, meliputi 29,20%, dengan ketinggian 10-25 m dari permukaan laut merupakan daerah pertanian.

Kabupaten Sidoarjo beriklim tropis dan mengenal 2 musim yaitu musim kemarau dan musim penghujan. Kabupaten Sidoarjo memiliki suhu udara berkisar antara 20 °C hingga 35 °C. Kelembaban udara di Kabupaten Sidoarjo berkisar antara 51-89 %, serta kecepatan angin sebesar 25 km/jam.

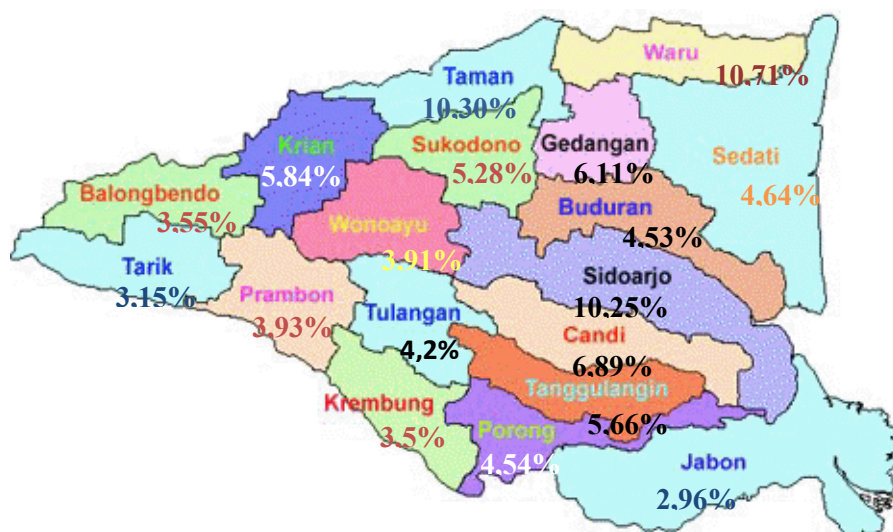


Gambar 2.1 Peta Administrasi Kabupaten Sidoarjo

2.1.2. Keadaan Penduduk

Penduduk Kota Sidoarjo pada akhir tahun 2011, berdasarkan data dari registrasi penduduk, sebanyak 1.964.761 jiwa dengan kepadatan penduduk Sidoarjo 1.480.075 jiwa/km². Penduduk laki-laki sebanyak 733.075 jiwa dan penduduk perempuan sebanyak 747.503 jiwa (BPS Sidoarjo 2014). Mata pencaharian penduduk Kabupaten Sidoarjo di sektor perikanan dan kelautan, pertanian, industri dan jasa.

Gambar 2.2 menggambarkan persebaran penduduk di Kabupaten Sidoarjo. Persentase tertinggi adalah di Kecamatan Waru yakni sebesar 10,71% dari keseluruhan penduduk di Kabupaten Sidoarjo. Tertinggi ke dua adalah Kecamatan Taman dengan persentase 10,30% dan tertinggi ketiga adalah Kecamatan Sidoarjo 10,25%. Dapat dilihat bahwa selain tiga kecamatan tersebut, persebaran penduduk di Kabupaten Sidoarjo cukup merata. Kecamatan dengan persentase paling kecil adalah Kecamatan Jabon dengan persentase sebesar 2,96%.



Gambar 2.2 Persentase Persebaran Penduduk di Kabupaten Sidoarjo

Informasi mengenai jumlah penduduk menurut kecamatan di Kabupaten Sidoarjo berdasarkan hasil sensus penduduk tahun 1990, 2000, dan 2010 dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Luas Wilayah (km²) dan Jumlah Penduduk Menurut Kecamatan Hasil Sensus Penduduk 1990, 2000, 2010

No.	Kecamatan	Luas Wilayah	Tahun		
			1990	2000	2010
1	Sidoarjo	62,56	101.586	146.615	194.051
2	Buduran	41,03	44.844	a 65.164	92.334
3	Candi	40,67	60.794	92.897	145.146
4	Porong	29,82	58.933	69.337	65.909
5	Krembung	29,55	45.978	53.039	58.358
6	Tulangan	31,21	58.327	67.308	87.422
7	Tanggulangun	32,29	56.597	71.149	84.580
8	Jabon	81,00	42.471	47.683	49.989
9	Krian	32,50	73.245	88.572	118.685
10	Balongsendo	31,40	47.441	57.357	66.865
11	Wonoayu	33,92	50.530	61.666	72.009
12	Tarik	36,06	46.472	53.645	60.977
13	Prambon	34,23	53.212	60.924	68.336
14	Taman	31,54	122.393	176.704	212.857
15	Waru	30,32	139.050	210.426	231.298
16	Gedangan	24,06	73.244	106.630	132.847
17	Sedati	79,43	45.458	67.469	92.468
18	Sukodono	32,68	46.892	66.430	111.121
16	Gedangan	24,06	73.244	106.630	132.847
Jumlah		714,27	1.167.467	1.563.015	1.945.252
Kabupaten Gresik		1.137,05	856.853	996.608	1.177.201
Kabupaten Mojokerto		826,72	787.015	904.274	1.023.526
Kota Mojokerto		16,48	99.955	109.164	120.132
Kota Surabaya		274,06	2.483.871	2.588.816	2.765.908
Jawa Timur		44.344,85	32.503.813	34.525.588	37.476.011
Indonesia Daratan		1.910.931,32	179.321.641	203.438.199	237.105.051

Sumber: Badan Pusat Statistik Kabupaten Sidoarjo, 2013

2.1.3. Kondisi Pemanfaatan Lahan Kabupaten Sidoarjo

Penggunaan lahan di Kabupaten Sidoarjo terdiri dari penggunaan untuk kawasan lindung maupun kawasan budidaya. Berdasarkan dokumen Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Sidoarjo tahun 2009-2029, prosentase penggunaan tanah di Kabupaten Sidoarjo, yaitu berupa permukiman (26,65%), kebun (4,97%), industri (1,75%), lahan sawah (32,39%), pekarangan/tanah kosong/ yasan/ pematangan tanah (3,61%), kolam/tambak (26,14%), fasum (1,12%), bakau(1,41%), ruang terbuka hijau (0,66%) dan lain-lain (1,61%).

Penggunaan lahan terbesar Kabupaten Sidoarjo adalah pertanian atau sawah yang luasnya mencapai 23.139 Ha. Tingginya penggunaan lahan pertanian tersebut disebabkan Kabupaten Sidoarjo merupakan daerah delta yang sangat subur. Aktifitas pertanian di Kabupaten Sidoarjo selain untuk tanaman padi juga untuk menanam tebu, sayuran atau palawija, serta buah-buahan.

Penggunaan lahan terbesar kedua adalah untuk permukiman dengan luas 19037,987 Ha. Perkembangan permukiman di Kabupaten Sidoarjo terjadi tidak merata. Pertumbuhan permukiman yang terjadi dengan cepat antara lain berada di Kecamatan Sidoarjo, Kecamatan Taman, Kecamatan Waru dan Kecamatan Sedati, sebagai akibat dari adanya kegiatan industri dan Bandara Juanda.

Aktivitas ekonomi sektor industri juga memanfaatkan lahan yang cukup besar di Kabupaten Sidoarjo, yaitu seluas 1.253,37 Ha, di mana lokasinya tersebar di seluruh kecamatan. Lokasi industri yang berupa kawasan terdapat pada Kawasan Industri Berbek dan Kawasan Industri Tambak Sawah di Kecamatan Waru, kawasan industri di Kecamatan Gedangan, dan Kecamatan Jabon. Sedangkan aktivitas industri non kawasan lokasinya tersebar di setiap kecamatan. Untuk industri kecil nonformal atau kerajinan rakyat, lokasinya paling banyak terdapat di Kecamatan Waru, Kecamatan Taman, dan Kecamatan Sidoarjo.

2.1.4. Status Wilayah Perkotaan dan Pedesaan Kabupaten Sidoarjo

Berdasarkan Peraturan Kepala Badan Pusat Statistik Nomor 37 Tahun 2010 tentang Klasifikasi Perkotaan dan Pedesaan Di Indonesia, definisi Perkotaan adalah status suatu wilayah administrasi setingkat desa atau kelurahan yang memenuhi kriteria klasifikasi wilayah perkotaan. Pedesaan adalah status suatu wilayah administrasi setingkat desa/kelurahan yang belum memenuhi kriteria klasifikasi wilayah perkotaan.

Di Kabupaten Sidoarjo pembagian status wilayah perkotaan dan pedesaan telah diatur berdasarkan Peraturan Daerah Kabupaten Sidoarjo Nomor 6 Tahun 2009 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Sidoarjo Tahun 2009-2029. Disebutkan bahwa kawasan perkotaan adalah kawasan yang mempunyai kegiatan utama bukan pertanian dengan susunan fungsi kawasan sebagai tempat

permukiman perkotaan, pemusatan dan distribusi pelayanan jasa pemerintah, pelayanan sosial dan kegiatan ekonomi.

Kawasan pedesaan di Kabupaten Sidoarjo meliputi wilayah Kecamatan Sedati, Candi, Tanggulangin, Krian, Tarik, Prambon, Wonoayu, Sukodono, Tulangan, Krembung, dan Balongbendo. Kawasan permukiman perkotaan di Kabupaten Sidoarjo meliputi wilayah yang ada di Kecamatan Waru, Sedati, Buduran, Gedangan, Sidoarjo, Candi, Tanggulangin, Jabon, Taman, Krian, Balongbendo, Krembung, Tarik, Prambon, Wonoayu, Sukodono, Porong, dan Tulangan. Kawasan permukiman tidak pada atau menggunakan lahan sawah yang sudah ada dan atau mengalihfungsikan sawah yang ada.

Tabel 2.2 Jumlah Kepala Keluarga Berdasarkan Status Wilayah Desa dan Kota di Kabupaten Sidoarjo

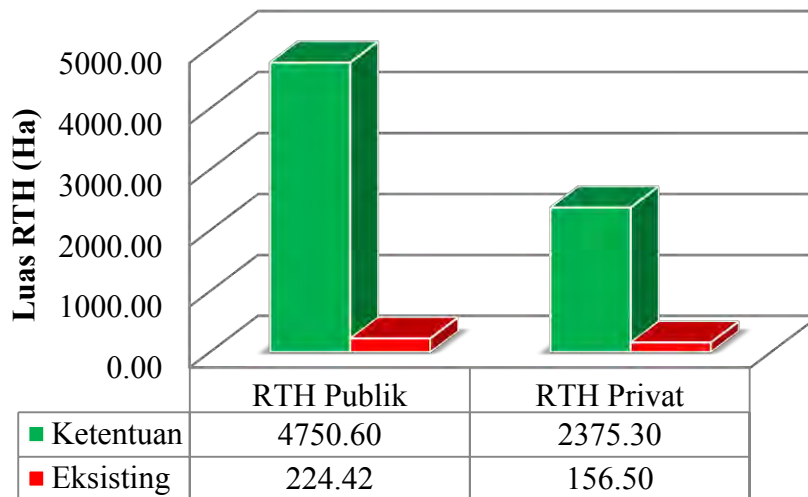
Kecamatan	Perkotaan/Perdesaan		
	Perkotaan	Perdesaan	Perkotaan & Perdesaan
Tarik	8.953	7.327	16.280
Prambon	13.931	4.259	18.190
Krembung	12.105	2.641	14.746
Porong	12.435	3.508	15.943
Jabon	7.820	4.706	12.526
Tanggulangin	18.876	1.741	20.617
Candi	35.867	1.708	37.575
Tulangan	21.690	876	22.566
Wonoayu	15.722	2.405	18.127
Sukodono	26.944	1.761	28.705
Sidoarjo	50.524	0	50.524
Buduran	22.060	3.478	25.538
Sedati	22.898	1.957	24.855
Waru	64.925	587	65.512
Gedangan	39.235	0	39.235
Taman	56.968	0	56.968
Krian	27.624	2.831	30.455
Balong Bendo	13.789	3.306	17.095
Kabupaten Sidoarjo	472.366	43.091	515.457

Sumber: Badan Pusat Statistik Kabupaten Sidoarjo, 2013

2.1.5. Ruang Terbuka Hijau (RTH) Kabupaten Sidoarjo

Menurut Masterplan RTH Kabupaten Sidoarjo tahun 2010 luasan RTH eksisting di Sidoarjo pada tahun 2010 adalah seluas 380,92 ha. Luas wilayah

administratif Kabupaten Sidoarjo adalah seluas 71.424,25 Ha, sehingga luas RTH eksisting saat itu hanyalah 5,33% dari luas wilayah kabupaten.



Gambar 2.3 Pemenuhan RTH Di Kabupaten Sidoarjo (*Sumber: Anonim, 2010*)

Tabel 2.3 Rencana Pemenuhan RTH Kabupaten Sidoarjo

No.	Jenis RTH	Eksisting (ha)	Rencana (ha)
1	Koridor Jalan	28,99	199,66
2	Taman Skala Kota	13,87	-
3	Taman Skala Kecamatan	29,78	-
4	Taman Skala Kelurahan	-	138,76
5	Lapangan	32,80	9,50
6	Hutan Kota	0,89	188,70
7	Pemukaman	117,23	15,40
8	Sempadan Sungai	-	660,08
9	Sempadan Rel	-	545,50
10	Sempadan SUTT dan SUTET	-	73,76
11	Buffer Kawasan Industri	-	441,83
12	Terminal	0,86	-
13	Taman Perumahan Real Estate, Permukiman serta Perdagangan dan Jasa	156,50	46,95
Luas Total		380,92	2.320,14

Sumber: Anonim, 2010

Tabel 2.3 memberikan gambaran upaya pemenuhan RTH di Kabupaten Sidoarjo. Sesuai dengan UU No.26 tahun 2007 tentang Penataan Ruang bahwa perlu penyediaan dan pemanfaatan ruang terbuka hijau, yang proporsi luasannya ditetapkan paling sedikit 30 (tiga puluh) persen dari total wilayah daerah. Sehingga keberadaan RTH di Kabupaten Sidoarjo sangatlah kurang. Maka direncanakan akan

ada penambahan RTH hingga mencapai luas 2.320,14 Ha (31,25%). Gambar 2.4 menggambarkan kondisi salah satu jalur hijau dan taman kota di Kabupaten Sidoarjo.



Gambar 2.4 Salah Satu Jalur Hijau dan Alun-Alun Kabupaten Sidoarjo

2.2. Emisi Karbon Dioksida (CO₂) dan Perhitungannya

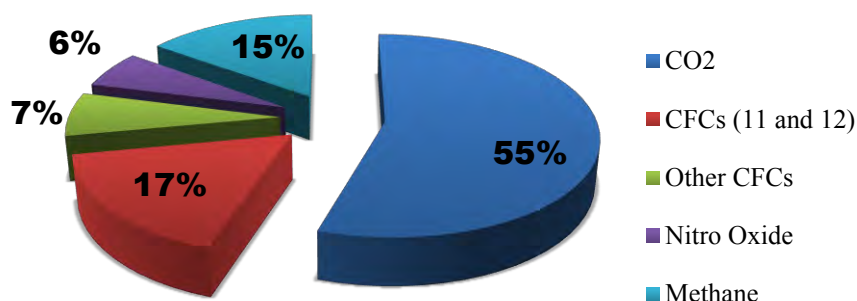
Pemanasan global adalah adanya proses peningkatan suhu rata-rata atmosfer, laut dan daratan bumi. Suhu rata-rata global pada permukaan bumi telah meningkat $0.74 \pm 0.18^{\circ} \text{C}$ selama seratus tahun terakhir. IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) menyimpulkan bahwa sebagian besar peningkatan temperatur rata-rata global sejak pertengahan abad ke 20 kemungkinan besar disebabkan oleh meningkatnya konsentrasi gas-gas rumah kaca akibat aktifitas manusia (Kusminingrum, 2008).

2.2.1. Emisi Karbon Dioksida (CO₂)

Emisi adalah zat, energi dan/atau komponen lain yang dihasilkan dari suatu kegiatan yang masuk dan/atau dimasukkannya ke dalam udara ambien yang mempunyai dan/atau tidak mempunyai potensi sebagai unsur pencemar (Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara). Sedangkan emisi karbon dioksida (CO₂) berarti pemancaran atau pelepasan gas karbon dioksida (CO₂) ke udara. Emisi CO₂ tersebut menyebabkan kadar gas rumah kaca di atmosfer meningkat, sehingga terjadi peningkatan efek rumah kaca dan pemanasan global. CO₂ tersebut menyerap sinar matahari (radiasi inframerah) yang dipantulkan oleh bumi sehingga suhu atmosfer menjadi naik. Hal tersebut dapat

mengakibatkan perubahan iklim dan kenaikan permukaan air laut (Nagara, 2008 dalam Widyanadiari, 2011).

Konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer didominasi oleh CO₂ kemudian CFCs (17%), gas metan (15%), gas CFCs lain (7%) dan gas N₂O (6%). Meskipun CO₂ mempunyai potensi pemanasan yang paling kecil, tetapi karena konsentrasinya di atmosfer adalah yang paling besar dibanding gas rumah kaca yang lain yakni sekitar 55%, maka justru CO₂ yang sekarang menjadi bahan perhatian dunia karena diisukan menjadi penyebab utama pemanasan global (Samiaji, 2009). Prosentase konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Prosentase Gas Rumah Kaca di Atmosfer (*Sumber: Samiaji, 2009*).

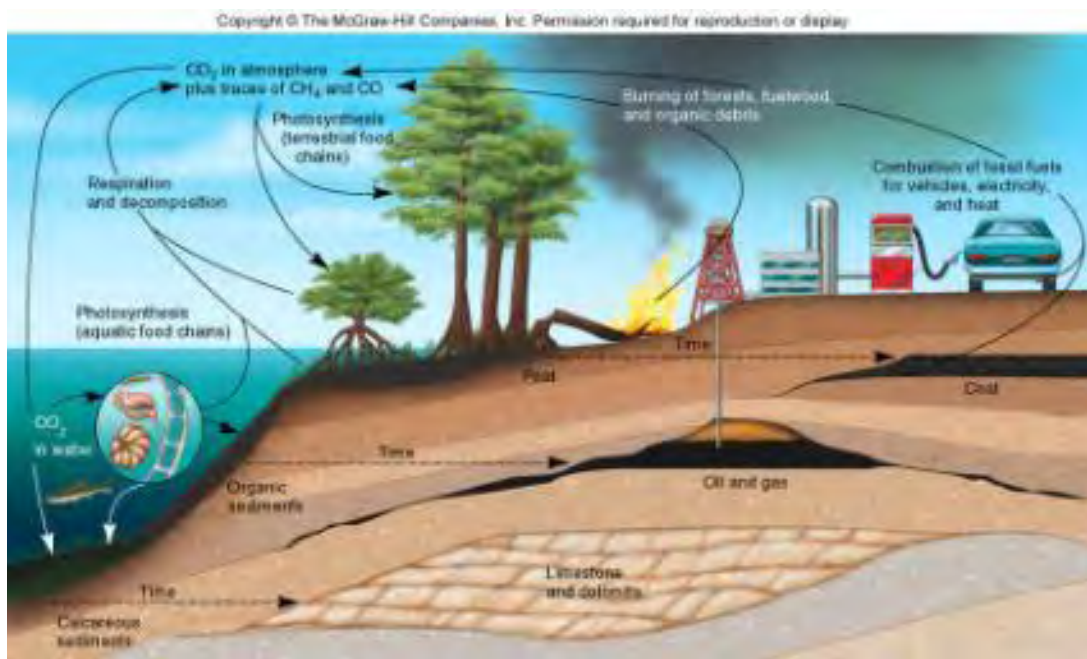
Emisi karbon dioksida (CO₂) dibagi menjadi dua jenis menurut sifat terjadinya pelepasan karbon, yaitu:

1. Emisi Karbon dioksida (CO₂) Primer. Emisi Karbon dioksida (CO₂) yang berifat langsung, yang diperoleh dari hasil pembakaran bahan bakar fosil seperti untuk memasak dan transportasi yang dapat mengontrolnya secara langsung.
2. Emisi Karbon dioksida (CO₂) sekunder. Emisi CO₂ yang bersifat tak langsung. Hal ini diperoleh dari daur hidup dari produk-produk yang kita gunakan. Semakin banyak kita membeli maka semakin banyak pula emisi yang dihasilkan seperti konsumsi energi listrik.

Secara global, 25% dari seluruh emisi karbon dioksida (CO₂) dunia berasal dari masalah-masalah aktifitas manusia, sedangkan sisanya dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil, yaitu minyak bumi dan batu bara. Pembakaran

bahan bakar fosil ini bersumber dari 36% industri energi (pembangkit listrik/kilang minyak dan industri lain), 27% sektor transportasi, 21% sektor industri, 15% sektor rumah tangga, 1% dari sektor lainnya. Sumber-sumber polutan ini sangat bervariasi, tetapi dapat digolongkan menjadi 4 macam sebagai berikut.

- *Mobile transportation* (sumber bergerak) antara lain: kendaraan bermotor, pesawat udara, kereta api, kapal bermotor dan penenggelaman/evaporasi gasoline.
- *Stationary combustion* (sumber tidak bergerak) antara lain: perumahan, daerah perdagangan, tenaga dan pemasaran industri, termasuk tenaga uap yang digunakan sebagai energi oleh industri.
- *Industrial processes* (proses industri) antara lain: proses kimiawi, metalurgi, kertas dan penambangan minyak.
- *Solid waste disposal* (pembuangan sampah) antara lain: buangan rumah tangga dan perdagangan, buangan hasil pertambangan dan pertanian (Rizkatania, 2012).



Gambar 2.6 Siklus Karbon Di Atmosfer (Sumber: Anonim, 2013)

2.2.2. Perhitungan Emisi CO₂

Untuk dapat menentukan kecukupan RTH dalam menyerap emisi CO₂, maka harus dilakukan penentuan estimasi total emisi CO₂ dari tiga sektor yakni sektor transportasi, industri dan pemukiman

➤ Emisi CO₂ Sektor Transportasi

Untuk mendapatkan jumlah kendaraan dalam satuan mobil penumpang maka dilakukan pengkonversian jumlah kendaraan ke satuan mobil penumpang (smp) dengan rumus pada Persaman 2.1.

$$n = m \times FK \dots\dots\dots(2.1)$$

di mana,

n = Jumlah kendaraan (smp/jam)

m = Jumlah kendaraan setelah konversi
(kendaraan/jam)

FK = Faktor Konversi (smp/kendaraan)

Menurut Indonesia Highway Capacity Manual Part 1 Urban Road No. 09/T/BNKT/1993 pemakaian praktis nilai smp tiap jenis kendaraan digunakan nilai standar seperti yang ditampilkan pada .

Tabel 2.4 Faktor Konversi Jenis Kendaraan ke smp (satuan mobil penumpang)

No	Jenis Kendaraan	Smp
1.	Kendaraan Ringan	1,00
2.	Kendaraan Berat	1,20
3.	Sepeda Motor	0,25

(Sumber: Indonesian Highway Capacity Manual dalam Adiastari, 2010)

Perhitungan emisi akan dihitung dengan rumus pada Persamaan 2.2.

$$Q = n \times FE \times K \dots\dots\dots(2.2)$$

di mana:

Q = Jumlah emisi (g /jam.km)

n = Jumlah kendaraan (smp/jam)

FE = Faktor emisi (g/liter)

K = Konsumsi bahan bakar (liter/100 km)

Untuk faktor emisi dan konsumsi bahan bakar yang digunakan adalah faktor emisi dan konsumsi bahan bakar untuk mobil penumpang. Nilai faktor emisi menurut jenis bahan bakar dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Faktor Emisi menurut Jenis Bahan Bakar

Tipe Kendaraan/ Bahan Bakar	Faktor Emisi CO ₂ (g / liter)
Bensin	
Kendaraan Penumpang	2597,86
Kendaraan Niaga Kecil	2597,87
Kendaraan Niaga Besar	2597,88
Sepeda Motor	2597,89
Diesel	
Kendaraan Penumpang	2924,90
Kendaraan Niaga Kecil	2924,91
Kendaraan Niaga Besar	2924,92
Lokomotif	296,43

Sumber : IPCC dalam Adiastrari, 2010

➤ Emisi CO₂ Sektor Permukiman (Emisi CO₂ Primer)

Rumus yang digunakan untuk menghitung besarnya emisi CO₂ primer dari sektor permukiman dapat dilihat pada Persamaan 2.3

$$\text{Emisi CO}_2 = \text{EF} \times \text{konsumsi bahan bakar} \times \text{NCV} \dots\dots\dots(2.3)$$

Di mana :

Konsumsi bahan bakar = bahan bakar yang dikonsumsi (Kg/bulan)

EF = faktor emisi CO₂ bahan bakar (g CO₂/MJ)

NCV = Net Calorific Volume (*energy content*) per unit massa atau volume bahan bakar (MJ/Kg)

➤ Emisi CO₂ Sektor Industri (Emisi CO₂ Primer)

Berikut ini adalah rumus yang digunakan IPCC 2006 untuk menghitung emisi CO₂ primer kegiatan industri yang dapat dilihat pada Persamaan 2.4.

$$\text{Emisi CO}_2 = \sum \text{FC} \times \text{CEF} \times \text{NCV} \dots\dots\dots(2.4)$$

di mana :

- $\sum FC$ = jumlah bahan baker fosil yang digunakan (massa/volume)
 NCV = nilai Net Calorific Volume (*energi content*) per unit massa atau volume bahan baker (TJ/kiloton fuel)
 CEF = Carbon Emission Factor (ton CO₂/TJ)

Karena perhitungan emisi CO₂ primer untuk menggunakan nilai NCV dan CEF, maka berikut ini nilai NCV dan CEF untuk bahan baker solar yang ditampilkan pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Nilai NCV dan CEF untuk Kegiatan Industri

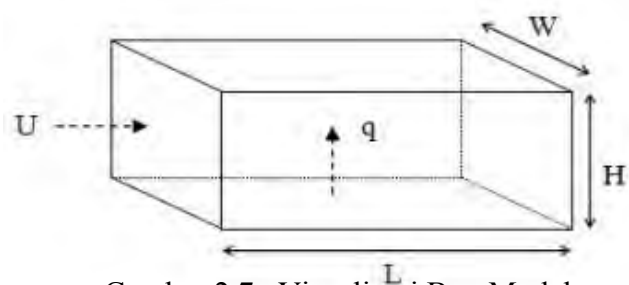
Bahan Bakar	NCV (TJ/Kilo Ton Fuel)	CEF (ton CO ₂ /TJ)
Solar	43	74,1

Sumber: IPCC, 2006

Setelah selesai melakukan perhitungan ulang terhadap emisi CO₂ yang dihasilkan dari kegiatan transportasi, permukiman dan industri selanjutnya dilakukan **perhitungan emisi CO₂ total tiap kecamatan** yang merupakan hasil penjumlahan seluruh hasil perhitungan nilai emisi CO₂ dari kegiatan permukiman, industri, dan transportasi per kecamatan.

2.3. Emisi CO₂ Dengan Metode Box Model

Box model digunakan untuk menghitung tingkat emisi pada suatu area dan tinggi pencemaran tertentu dengan memasukkan kontribusi emisi dari daerah yang ditinjau. Dalam penelitian ini kontributor yang ditinjau adalah kegiatan transportasi dan industri.



Gambar 2.7. Visualisasi Box Model

Gambar 2.7 merupakan visualisasi persebaran emisi pencemar berdasarkan prinsip *box model*. Di mana emisi pencemar yang dihasilkan oleh kontributor (q) menyebar dalam suatu batasan ruang berupa *box* dengan volume tertentu. Batas area adalah permukaan tanah sebagai batas bawah dan batas atas merupakan lapisan inversi (batas *mixing height*). *Box model* digambarkan dengan persamaan (2.6).

a. Perhitungan konsentrasi pencemar C(t)

$$C(t) = \frac{qL}{UH} (1 - e^{(-Ut)/L}) \dots\dots\dots (2.6)$$

Di mana:

- C(t) = Konsentrasi pencemar (mg/m³)
q = Rata-rata emisi pencemar per meter persegi (mg/m²/detik)
L = Panjang kotak (m)
H = Tinggi Pohon (m)
U = Rata-rata kecepatan angin (meter/detik)
t = Waktu tempuh (detik)

b. Perhitungan volume box

$$Volume\ box\ (m^3) = Luas\ wilayah\ Studi\ (m^2) \times tinggi\ inversi\ (m) \dots\dots (2.7)$$

c. Perhitungan massa CO₂

$$Massa\ CO_2\ (mg) = C(t) \left(\frac{mg}{m^3} \right) \times Volume\ box\ (m^3) \dots\dots\dots (2.8)$$

d. Perhitungan Emisi CO₂

$$Emisi\ CO_2\ \left(\frac{mg}{detik} \right) = \frac{Masa\ CO_2}{t\ (detik)} \dots\dots\dots (2.9)$$

(Hermana, 2003 dalam Setiawan, 2013)

Di dalam penyebarannya, emisi pencemar juga dipengaruhi oleh arah dan kecepatan angin (U). Arah dan kecepatan angin kota Surabaya dapat dilihat dalam Tabel 2.7.

Menurut Mukono, 1999 dalam Pentury (2003), Pendugaan kualitas udara dengan *box model* ini menggunakan beberapa asumsi, yaitu:

- Laju emisi polutan udara adalah konstan (tetap) dan persebarannya linier mengikuti arah angin dominan Kabupaten Sidaorjo (timur). Pengertian konstan

dalam hal ini adalah apabila polutan udara pada keadaan P (massa per satuan waktu) memasuki suatu volume udara ambien yang bergerak pada suatu arah dengan kecepatan (U) yang konstan.

- Udara yang bergerak di atmosfer dibatasi dari atas oleh lapisan udara yang stabil pada ketinggian (H). Udara yang bergerak juga dibatasi oleh arah tegak lurus terhadap kecepatan angin.
- Material yang diemisikan memiliki kestabilan kimia dan tetap tinggal dalam udara.

Tabel 2.7 Arah dan Kecepatan Rata-rata Angin Di Kabupaten Sidoarjo

Bulan	Kecepatan rata-rata (km/jam)	Kecepatan rata-rata (m/detik)	Arah terbanyak
Januari	16,11	4,47536	Barat
Februari	13,15	3,65307	Barat
Maret	12,78	3,55028	Timur
April	11,11	3,08636	Timur
Mei	11,11	3,08636	Timur
Juni	11,11	3,08636	Timur
Juli	12,96	3,60029	Timur
Agustus	14,08	3,91142	Timur
September	14,08	3,91142	Timur
Oktober	12,96	3,60029	Timur
Nopember	12,96	3,60029	Timur
Desember	12,96	3,60029	Barat

Sumber: BMKG Juanda, 2013

Untuk dapat menentukan beban emisi di tiap wilayah (kecamatan) di Kabupaten Sidoarjo, digunakan beberapa asumsi yang disesuaikan dengan kondisi wilayah Kabupaten Sidoarjo, antara lain:

- ✓ Digunakan ketinggian pohon rata-rata sebagai batas ketinggian (H), Emisi yang berada di dalam *box* dengan batas atas H dianggap sebagai emisi CO₂ yang menjadi tanggung jawab RTH publik maupun privat. Laju emisi polutan udara adalah konstan (tetap), sehingga kecepatan angin (U) konstan dan dengan satu arah angin. Nilai U dan arah angin dapat dilihat pada Tabel 2.7 yang dirata-rata.

- ✓ Sifat polutan adalah stabil, tidak terurai selama berada di udara dalam kotak.
- ✓ Tidak ada polutan yang masuk atau keluar melalui bagian melalui kedua sisi yang sejajar dengan arah angin.
- ✓ (L) adalah jarak dari sumber emisi terbesar ke batas kabupaten terjauh.
- ✓ Waktu tempuh (t) yaitu jarak sumber emisi terbesar ke batas kabupaten terjauh (L) per kecepatan angin (U).

2.4. Ruang Terbuka Hijau (RTH)

2.4.1. Definisi

Menurut Purnomohadi dalam Budiman (2010) bahwa (1) RTH adalah suatu lapang yang ditumbuhi berbagai tetumbuhan, pada berbagai strata, mulai dari penutup tanah, semak, perdu dan pohon (tanaman tinggi berkayu); (2) Sebentang lahan terbuka tanpa bangunan yang mempunyai ukuran, bentuk dan batas geografis tertentu dengan status penguasaan apapun, yang di dalamnya terdapat tetumbuhan hijau berkayu dan tahunan (*perennial woody plants*), dengan pepohonan sebagai tumbuhan penciri terutama dan tumbuhan lainnya (perdu, semak, rerumputan, dan tumbuhan penutup tanah lainnya), sebagai tumbuhan pelengkap, serta benda-benda lain yang juga sebagai pelengkap dan penunjang fungsi RTH yang bersangkutan.

Peraturan Menteri Dalam Negeri No. 1 Tahun 2007 tentang Ruang Terbuka Hijau Kawasan Perkotaan, memiliki beberapa definisi terkait RTH yakni:

- a. Ruang terbuka adalah ruang-ruang dalam kota atau wilayah yang lebih luas baik dalam bentuk area/ kawasan maupun dalam bentuk area memanjang jalur di mana dalam penggunaannya lebih bersifat terbuka yang pada dasarnya tanpa bangunan.
- b. Ruang Terbuka Hijau Kawasan Perkotaan yang selanjutnya disingkat RTHKP adalah bagian dari ruang terbuka suatu kawasan perkotaan yang diisi oleh tumbuhan dan tanaman guna mendukung manfaat ekologi, sosial, budaya, ekonomi dan estetika.

Pada Undang-Undang No. 26 Tahun 2007, didefinisikan bahwa ruang terbuka hijau adalah area memanjang/ jalur atau mengelompok, yang penggunaannya lebih bersifat terbuka, tempat tumbuh tanaman, baik yang tumbuh secara alamiah maupun yang sengaja ditanam.

2.4.2. Tujuan, Fungsi dan Manfaat Ruang Terbuka Hijau (RTH)

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.5 Tahun 2008 menjelaskan bahwa RTH memiliki fungsi sebagai berikut:

- a. Fungsi utama (*intrinsik*) yaitu fungsi ekologis, yakni memberi jaminan pengadaan RTH menjadi bagian dari sistem sirkulasi udara (paru-paru kota), pengatur iklim mikro agar sistem sirkulasi udara dan air secara alami dapat berlangsung lancar, sebagai peneduh, produsen oksigen, penyerap air hujan, penyedia habitat satwa, penyerap polutan media udara, air, dan tanah serta sebagai penahan angin.
- b. Fungsi tambahan (*ekstrinsik*), yakni fungsi sosial dan budaya yang meliputi untuk menggambarkan ekspresi budaya lokal, merupakan media komunikasi warga kota, sebagai tempat rekreasi dan sebagai wadah dan objek pendidikan, penelitian, dan pelatihan dalam mempelajari alam.

Fungsi ekonomi meliputi sebagai sumber produk yang bisa dijual, seperti tanaman bunga, buah, daun, sayur, dan bisa menjadi bagian dari usaha pertanian, perkebunan, kehutanan dan lain-lain. Fungsi estetika meliputi untuk meningkatkan kenyamanan, memperindah lingkungan kota baik dari skala mikro: halaman rumah, lingkungan permukiman, maupun makro: lansekap kota secara keseluruhan, menstimulasi kreativitas dan produktivitas warga kota, pembentuk faktor keindahan arsitektural dan menciptakan suasana serasi dan seimbang antara area terbangun dan tidak terbangun.

RTH juga memiliki manfaat sesuai yang tercantum dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.5 Tahun 2008, yakni:

- a. Manfaat langsung (dalam pengertian cepat dan bersifat tangible), yaitu membentuk keindahan dan kenyamanan (teduh, segar, sejuk) dan mendapatkan bahan-bahan untuk dijual (kayu, daun, bunga, buah)
- b. Manfaat tidak langsung (berjangka panjang dan bersifat intangible), yaitu pembersih udara yang sangat efektif, pemeliharaan akan kelangsungan persediaan air tanah, pelestarian fungsi lingkungan beserta segala isi flora dan fauna yang ada (konservasi hayati atau keanekaragaman hayati)

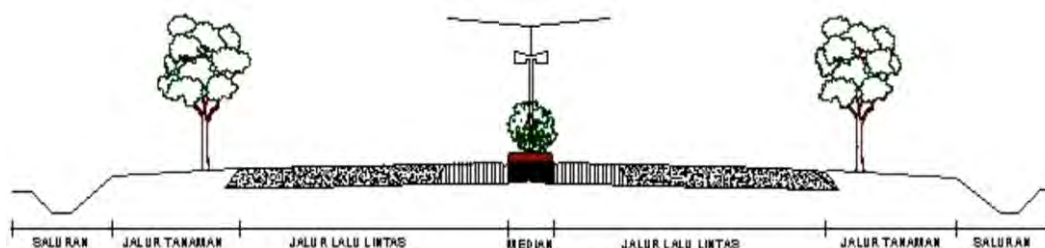
2.4.3. Tipologi Ruang Terbuka Hijau

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Perkotaan pembagian jenis-jenis RTH yang ada sesuai dengan tipologi RTH sebagaimana Gambar 2.8 (Anonim, 2006).

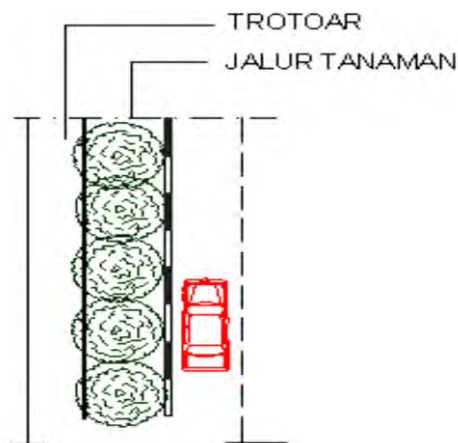
RUANG TERBUKA HIJAU (RTH)	FISIK	FUNGSI	STRUKTUR	KEPEMILIKAN
	RTH ALAMI	EKOLOGIS	POLA EKOLOGIS	RTH PUBLIK
		SOSIAL BUDAYA		
	RTH NON ALAMI	ESTETIKA	POLA PLANOLOGIS	RTH PRIVAT
		EKONOMI		

Gambar 2.8 Tipologi RTH (Sumber: Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 05/PRT/M/2008 tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau Di Kawasan Perkotaan)

Gambar contoh pola RTH jalur hijau yang diacu oleh Kabupaten Sidoarjo, menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.5 tahun 2008 yang dapat dilihat pada Gambar 2.9 dan Gambar 2.10.



Gambar 2.9 Contoh Tata Letak Jalur Hijau Jalan



Gambar 2.10 Pola Peletakan RTH Jalur Hijau

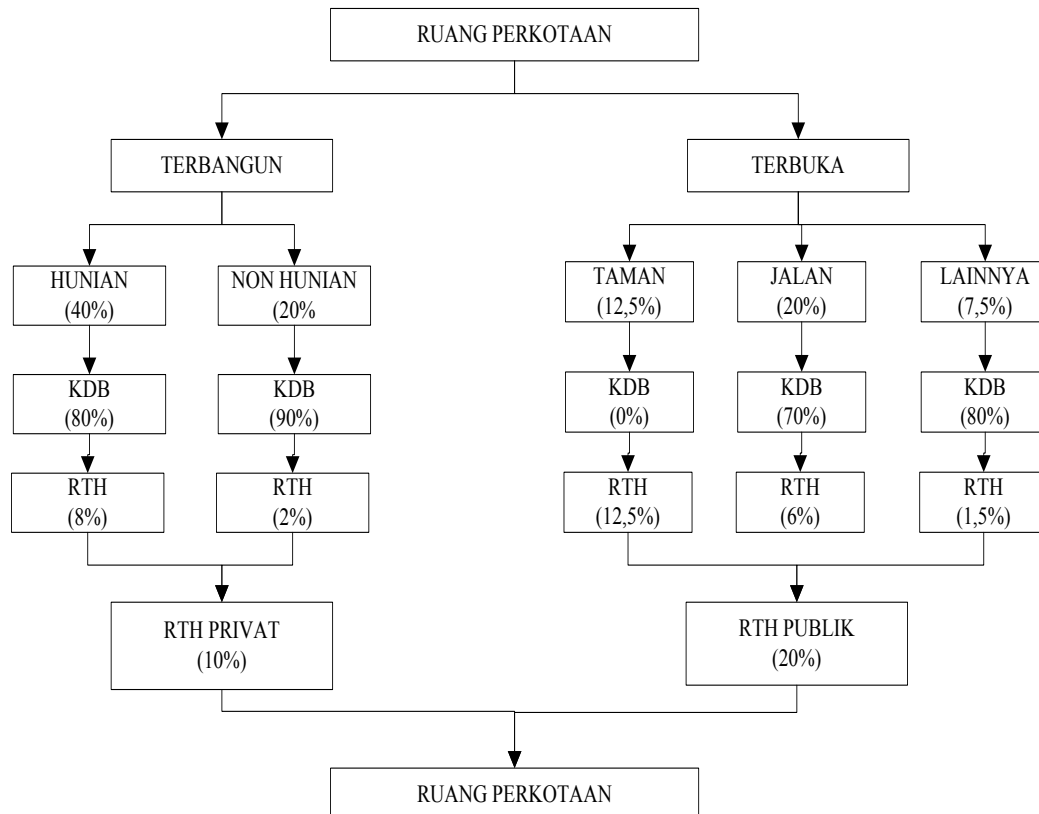
2.4.4. Proporsi Ruang Terbuka Hijau

Ruang terbuka hijau (RTH) di perkotaan terdiri dari RTH Publik dan RTH privat. Pembinaan ruang terbuka hijau haruslah mengikuti struktur nasional atau daerah dengan standar-standar yang ada. Perlunya penyediaan dan pemanfaatan ruang terbuka hijau menurut UU No. 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang ditetapkan bahwa proporsi luasannya paling sedikit 30% dari luas wilayah kota, yang diisi oleh tanaman, baik yang tumbuh secara alamiah maupun yang sengaja ditanam. Sedangkan menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum tahun 2008 tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan RTH di Wilayah Perkotaan, proporsi RTH pada wilayah perkotaan adalah sebesar minimal 30% yang terdiri dari 20% RTH dan 10% terdiri dari ruang terbuka hijau privat.

Proporsi 30% merupakan ukuran minimal untuk menjamin keseimbangan ekosistem kota, baik keseimbangan sistem hidrologi dan keseimbangan iklim mikro, maupun sistem ekologis lain yang dapat meningkatkan ketersediaan udara bersih yang diperlukan masyarakat, serta sekaligus dapat meningkatkan nilai estetika kota. Ruang Terbuka Hijau publik seluas minimal 20% dimaksudkan agar proporsi RTH minimal dapat lebih dijamin pencapaiannya sehingga memungkinkan pemanfaatannya secara luas oleh masyarakat.

KDB adalah angka persentase perbandingan antara luas seluruh lantai dasar bangunan gedung dan luas lahan/tanah perpetakan/daerah perencanaan yang dikuasai sesuai rencana tata ruang dan rencana tata bangunan dan lingkungan. Bagan proporsi RTH kawasan perkotaan menurut Peraturan Menteri Pekerjaan

Umum No. 5 Tahun 2008 dapat dilihat pada Gambar 2.11. Komposisi untuk RTH publik sebesar 20% ini jika dibandingkan dengan Koefisien Dasar Bangunan (KDB) meliputi 12.5% taman, 6% jalan, dan 1.5% lain-lain seperti pemakaman, lapangan olahraga, dan lahan pertanian perkotaan (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 5 Tahun 2008 tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Perkotaan).



Gambar 2.11 Bagan Proporsi RTH Kawasan Perkotaan

2.4.5. Elemen Pengisi Ruang Terbuka Hijau

RTH dibangun dari kumpulan tumbuhan dan tanaman vegetasi yang sudah diseleksi dan disesuaikan dengan lokasi serta rencana dan rancangan peruntukannya. Untuk keberhasilan rancangan, penanaman dan kelestariannya maka sifat dan kriteria arsitektural dan hortikultural tanaman dan vegetasi penyusun RTH harus menjadi bahan pertimbangan dalam menseleksi jenis-jenis yang akan ditanam.

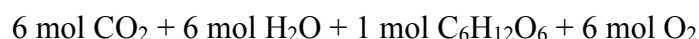
Adapaun beberapa persyaratan umum tanaman untuk ditanam di wilayah perkotaan:

- a. Disenangi dan tidak berbahaya bagi warga kota
- b. Mampu tumbuh pada lingkungan yang marjinal (tanah tidak subur, udara dan air yang tercemar)
- c. Tahan terhadap gangguan fisik (*vandalisme*)
- d. Perakaran dalam sehingga tidak mudah tumbang
- e. Tidak gugur daun, cepat tumbuh, bernilai hias dan arsitektural
- f. Dapat menghasilkan O₂ dan meningkatkan kualitas lingkungan kota
- g. Bibit mudah didapatkan dengan harga yang terjangkau oleh masyarakat
- h. Prioritas menggunakan vegetasi lokal
- i. Keanekaragaman hayati

Jenis tanaman endemik atau jenis tanaman lokal yang memiliki keunggulan tertentu (ekologis, sosial budaya, ekonomi, arsitektural) dalam wilayah kota tersebut menjadi bahan tanaman utama penciri RTH kota tersebut, yang nantinya akan dikembangkan untuk mempertahankan keanekaragaman hayati wilayahnya (Anonim, 2006).

2.5. Peran Tumbuhan Hijau Sebagai Penyerap CO₂

Tanaman membutuhkan CO₂ untuk pertumbuhannya. Peningkatan konsentrasi CO₂ di atmosfer antara lain akan merangsang proses fotosintesa, meningkatkan pertumbuhan tanaman dan produktivitasnya tanpa diikuti oleh peningkatan kebutuhan air (transpirasi). Fotosintesa umumnya terjadi pada semua tumbuhan hijau yang memiliki kloroplast atau pada semua tumbuhan yang memiliki zat warna. Secara umum proses fotosintesa adalah pengikatan gas karbon-dioksida (CO₂) dari udara dan molekul air (H₂O) dari tanah dengan bantuan energi foton cahaya tampak, akan membentuk gula heksosa (C₆H₁₂O₆) dan gas oksigen (O₂) (Kusminingrum, 2002) sebagai berikut :



Vegetasi sangat berguna dalam produksi oksigen yang diperlukan manusia untuk proses respirasi (pernafasan), serta untuk mengurangi keberadaan gas CO₂ yang semakin banyak di udara akibat kendaraan bermotor dan industri (Irwan, 1992 dalam Aziz, 2010). Penanaman pohon menghasilkan absorbs karbon dioksida dari udara dan penyimpanan karbon, sampai karbon dilepaskan kembali akibat vegetasi

tersebut busuk atau dibakar. Penyerapan karbon dioksida oleh hutan kota dengan jumlah 10.000 pohon berumur 16-20 tahun mampu mengurangi CO₂ sebanyak 800 ton CO₂ per tahun (Simpson dan McPherson, 1999 dalam Aziz, 2010).

Hutan yang mempunyai berbagai macam tipe penutupan vegetasi memiliki kemampuan atau daya serap terhadap CO₂ yang berbeda. Tipe penutupan vegetasi tersebut berupa pohon, semak belukar, padang rumput, sawah. Daya serap berbagai macam tipe vegetasi terhadap CO₂ dapat dilihat pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8 Daya Serap Gas CO₂ Berbagai Tipe Penutup Vegetasi

No.	Tipe Penutupan	Daya serap gas CO ₂	Daya serap gas CO ₂
		(kg/ha/hari)	(ton/ha/th)
1	Pohon	1.559,10	569,07
2	Semak Belukar	150,68	55,00
3	Padang Rumput	32,88	12,00
4	Sawah	32,99	12,00

Sumber : Prasetyo et all. (2002) dalam Tinambunan (2006)

Perhitungan serapan perluasan tajuk atau kanopi adalah pendekatan luas tutupan dengan membuat fungsi luas terhadap setiap tegakan untuk jenis tanaman. Pendekatan ini dilakukan karena model tutupan yang diasumsikan melingkar (lingkaran) dari setiap tegakan tidak simetris. Dari perhitungan ini didapatkan bahwa kemampuan serapan pertajuk tanaman yang tinggi adalah Angsana (4.2601692 ppm). Kemampuan jenis tanaman mangga dalam penyerapan CO₂ juga relatif tidak berbeda dengan jenis angšana. Tanaman yang mempunyai kemampuan rendah dalam menyerap CO₂ adalah Johar (*Cassia siamea*) dengan kemampuan serapan per luasan tajuk adalah 0,392264 ppm (Pentury, 2003).

Laju serapan CO₂ dapat dihitung berdasarkan luas tutupan vegetasi dan jenis tumbuhan. Menurut Pentury (2003), Hubungan antara laju serapan dan luas tajuk pohon dimodelkan dengan formulasi matematika seperti pada Persamaan 2.10.

$$S = 0,2278 e^{(0,0048 \cdot I)} \dots\dots\dots (2.10)$$

Di mana:

S = Laju serapan CO₂ (g /detik)

- I = Intensitas cahaya (kal/cm²/hari)
 e = Bilangan pokok logaritma natural
 0,0048 = Koefisien intensitas cahaya
 0,2278 = Konstanta penjumlahan

Tabel 2.9. Intensitas Cahaya

Bulan	Intensitas Cahaya	I (Intensitas Cahaya)
	(kal/cm ² /hari)	(watt/m ²)
Januari	844	409.34
Februari	963	467.06
Maret	878	425.83
April	876	424.86
Mei	803	389.46
Juni	803	389.46
Juli	792	384.12
Agustus	820	397.70
September	891	432.14
Oktober	866	420.01
Nopember	873	423.41
Desember	829	402.07

Sumber: Wilson, 1993 dalam Adiastrari, 2010

Intensitas cahaya yang digunakan harus sesuai dengan kondisi iklim Kabupaten Sidaorjo. Karena Kabupaten Sidaorjo beriklim tropis maka intensitas cahaya yang digunakan adalah intensitas cahaya garis lintang khatulistiwa yang terdapat dalam Tabel 2.9. Demikian halnya untuk RTH privat. Perhitungan ini didasari oleh perhitungan luasan RTH privat eksisting pada masing-masing responden sesuai status wilayah pengembangan daerah desa atau kota yang diperoleh dari kuisioner. Pada tahap ini dilakukan perhitungan untuk menentukan laju serapan CO₂ rata-rata dengan menggunakan Persamaan 2.10.

Setelah dilakukan perhitungan maka akan diketahui kemampuan penyerapan CO₂ oleh RTH per satuan luas yang kemudian dikalikan dengan luasan RTH privat eksisting tiap responden dengan menggunakan Persamaan (2.11). Sehingga dapat diketahui kemampuan RTH privat eksisting pada masing-masing responden dalam menyerap emisi CO₂ sesuai status wilayah (Yusrinoati, 2012).

$$A = S_{rata-rata} \times B \dots\dots\dots (2.11)$$

Di mana:

A = kemampuan penyerapan CO₂ oleh RTH eksisting (g/detik)

B = luas tutupan lahan RTH eksisting tiap responden (cm²)

S_{rata-rata} = laju serapan CO₂ (g/detik)

Selanjutnya dihitung rata-rata kemampuan RTH privat eksisting dalam menyerap emisi CO₂ dengan menggunakan persamaan (2.12).

$$n = \frac{m}{\text{jumlah responden}} \dots\dots\dots (2.12)$$

Di mana:

n = rata-rata kemampuan penyerapan CO₂ oleh RTH eksisting (g/detik)

m = total kemampuan daya serap CO₂ oleh RTH eksisting berdasarkan jumlah responden (g/detik)

Setelah diperoleh hasil kemampuan rata-rata RTH privat eksisting dalam menyerap emisi CO₂ pada tiap status wilayah, hasil ini selanjutnya dikalikan dengan total rumah yang ada di Kabupaten Sidaorjo sesuai masing-masing tipe status wilayah dengan menggunakan persamaan (2.13) sehingga diperoleh total kemampuan daya serap RTH privat (permukiman).

$$p = n \times \text{jumlah rumah} \dots\dots\dots (2.13)$$

Di mana:

p = total kemampuan penyerapan CO₂ oleh RTH privat permukiman (g /detik)

n = rata-rata kemampuan penyerapan CO₂ oleh RTH privat eksisting (g/detik)

Dari hasil analisis kemampuan serapan terhadap jenis tanaman yang dijadikan subtransi penelitian, didapatkan bahwa kemampuan serapan perluas daun dan luas tajuk dari jenis Angsana (*Pterocarpus indica*) lebih tinggi, dibanding dengan jenis tanaman lain yang dicobakan. Kemampuan serapan jenis Angsana per luasan daun adalah 0.648428 ppm. Kemampuan serapan untuk jenis tanaman mangga (*Mangifera indica*) relatif tidak berbeda dengan jenis angšana (*Pterocarpus*

indica), sedangkan kemampuan serapan untuk jenis lain seperti sawo kecil juga menunjukkan kemampuan serapan yang relatif besar. (Hermana, 2003).

2.6. Inventarisasi Serapan CO₂ Oleh RTH

Tujuan dari diadakannya penelitian ini adalah untuk melakukan inventarisasi serapa karbon di wilayah Kabupaten Sidoarjo. Berikut akan dijelaskan tentang definisi kata inventarisasi dan inventarisasi serapan karbon.

2.6.1. Inventarisai Gas Rumah Kaca (GRK)

Menurut Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 71 Tahun 2011 Tentang Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca (GRK) Nasional, inventarisasi GRK adalah kegiatan untuk memperoleh data dan informasi mengenai tingkat, status, dan kecenderungan perubahan emisi GRK secara berkala dari berbagai sumber emisi (*source*) dan penyerapnya (*sink*) termasuk simpanan karbon (*carbon stock*). Ketentuan Pasal 3 butir (3b) menyatakan bahwa Inventarisasi GRK dilakukan pada sumber emisi dan penyerapnya termasuk simpanan karbon pada pengadaan dan penggunaan energi.

Inventarisasi GRK dikoordinasikan oleh Kementerian Lingkungan Hidup (KLH) dimaksudkan sebagai alat untuk mengetahui tingkat, status dan kecenderungan perubahan emisi GRK serta untuk kebutuhan verifikasi hasil pencapaian penurunan emisi GRK dari kegiatan mitigasi perubahan iklim nasional di antaranya Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca (RAN-GRK). Inventarisasi GRK ini dilakukan di tingkat nasional dan daerah yang mencakup wilayah provinsi dan kabupaten/kota. Di tingkat nasional, Kementerian atau Lembaga terkait melaksanakan inventarisasi GRK dan menyampaikan laporan kepada Menteri Lingkungan Hidup (LH). Sedangkan di tingkat daerah, para Bupati atau Walikota menyiapkan inventarisasi GRK di tingkat kabupaten atau kota, dan menyampaikan laporan hasil kepada Gubernur.

Gubernur seluruh provinsi melaksanakan inventarisasi GRK di tingkat provinsi, dan mengkoordinasikan penyelenggaraan inventarisasi GRK di kabupaten/kota di wilayahnya. Gubernur kemudian menyampaikan laporan tersebut kepada Menteri LH. Menteri LH selanjutnya menyampaikan laporan

inventarisasi GRK nasional kepada Menteri Koordinator Bidang Kesejahteraan Rakyat dengan tembusan kepada Menteri Koordinator Bidang Perekonomian, Menteri Dalam Negeri, dan Menteri PPN atau Kepala Menteri Negara Koordinator Bidang Ekonomi, Keuangan, dan Industri dan Kantor Menteri Negara Perencanaan Pembangunan Nasional (BAPPENAS).

Menurut Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 71 Tahun 2011 Tentang Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca (GRK) Nasional penyelenggaraan Inventarisasi GRK Nasional bertujuan untuk menyediakan:

- a. Informasi secara berkala mengenai tingkat, status dan kecenderungan perubahan emisi dan serapan GRK termasuk simpanan karbon di tingkat nasional, provinsi dan kabupaten/kota.
- b. Informasi pencapaian penurunan emisi GRK dari kegiatan mitigasi perubahan iklim nasional.

2.6.2. Inventarisasi Serapan CO₂

Inventarisasi memiliki definisi yang beragam sesuai dengan peruntukannya. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), inventarisasi adalah pencatatan atau pengumpulan data (tentang kegiatan, hasil yang dicapai, pendapat umum, persurat kabaran, kebudayaan, dan sebagainya). Berdasarkan Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 71 Tahun 2011 Tentang Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca (GRK) Nasional Yang dimaksud dengan serapan GRK menurut PP No 71 Tahun 2011 adalah diserapnya GRK dari atmosfer pada suatu area tertentu dalam jangka waktu tertentu. Dalam penelitian ini serapan GRK yang akan diinventarisasi adalah serapan CO₂. Menurut Pedoman Pengukuran Karbon untuk Mendukung Penerapan (Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation) REDD+ di Indonesia, serapan adalah proses aktivitas atau mekanisme yang menghilangkan gas rumah kaca, aerosol atau cikal bakal gas rumah kaca dari atmosfer. Hutan dan vegetasi lainnya dianggap sebagai *sinks* (rosot) karena memindahkan karbon dioksida melalui fotosintesa. Rosot Karbon adalah media atau tempat penyerapan dan penyimpanan karbon dalam bentuk bahan organik,

vegetasi hutan, laut dan tanah. Penyerapan Karbon adalah Proses memindahkan karbon dari atmosfer dan menyimpannya dalam reservoir.

Adanya kemampuan alami tumbuhan untuk menyerap (*rosot*) CO₂ melalui proses fotosintesis menyebabkan keberadaan RTH memiliki peran yang sangat vital dalam menyerap CO₂ pada jumlah besar. Hal ini terjadi karena di dalam RTH terjadi proses akumulasi penyerapan CO₂ secara kolektif oleh tumbuhan.

2.6.3. Metode Inventarisasi Serapan CO₂

Berdasarkan Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 71 Tahun 2011 Tentang Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca (GRK) Nasional Inventarisasi GRK dilakukan dengan cara:

- a. Pemantauan dan pengumpulan data aktivitas sumber emisi dan serapan GRK termasuk simpanan karbon, serta penetapan faktor emisi dan faktor serapan GRK.
- b. Penghitungan emisi dan serapan GRK termasuk simpanan karbon.

Sebelum melakukan inventarisasi, tentunya diperlukan persiapan-persiapan awal kegiatan. Persiapan yang dilakukan adalah salah satu kegiatan dalam menunjang kegiatan yang akan dilakukan. Beberapa persiapan yang harus dilakukan adalah persiapan berupa data penunjang, peralatan-peralatan inventarisasi, dan persiapan di luar peralatan inventarisasi berupa peralatan pribadi dari inventer. Adapun tahapan pelaksanaan inventarisasi serapan CO₂ adalah sebagai berikut:

1. Tahap persiapan meliputi : penyiapan peta-peta dasar, rescoring dan evaluasi areal, penyiapan bahan, alat dan tenaga/organisasi, penstratifikasian dan penarikan contoh serta penyiapan rencana kerja disertai peta kerja.
2. Pelaksanaan Lapangan meliputi : pencarian titik awal, diikuti pembuatan unit contoh/jalur serta pengumpulan data pohon atau tumbuhan maupun data penunjang.
3. Pengolahan data
4. Analisis data
5. Pelaporan.

2.7. Sistem Informasi Geografis (SIG)

Sistem Informasi Geografis (*Geographic Information System*/GIS) yang selanjutnya akan disebut SIG merupakan sistem informasi berbasis komputer yang digunakan untuk mengolah dan menyimpan data atau informasi geografis (Aronoff, 1989 dalam GIS Konsorsium Aceh Nias, 2007). Secara umum pengertian SIG adalah suatu komponen yang terdiri dari perangkat keras, perangkat lunak, data geografis dan sumberdaya manusia yang bekerja bersama secara efektif untuk memasukan, menyimpan, memperbaiki, memperbaharui, mengelola, memanipulasi, mengintegrasikan, menganalisa dan menampilkan data dalam suatu informasi berbasis geografis.

SIG mempunyai kemampuan untuk menghubungkan berbagai data pada suatu titik tertentu di bumi, menggabungkannya, menganalisa dan akhirnya memetakan hasilnya. Data yang akan diolah pada SIG merupakan *data spasial* yaitu sebuah data yang berorientasi geografis dan merupakan lokasi yang memiliki sistem koordinat tertentu, sebagai dasar referensinya. Sehingga aplikasi SIG dapat menjawab beberapa pertanyaan seperti; lokasi, kondisi, trend, pola dan pemodelan. Kemampuan inilah yang membedakan SIG dari sistem informasi lainnya.

2.8. Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian terdahulu yang menjadi acuan dalam penelitian ini antara lain:

1. Pemetaan kecukupan vegetasi untuk mereduksi konsentrasi karbon dioksida (CO_2) di kampus ITS Surabaya oleh Abdul Aziz pada tahun 2010. Peneliti adalah Mahasiswa Jurusan teknik Lingkungan ITS Surabaya, dan penelitian ini dilakukan sebagai tugas akhir untuk meraih gelar sarjana teknik. Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini meliputi data emisi kendaraan di ITS, jumlah vegetasi yang ada di kampus ITS, Peta ITS, dan data hasil observasi lapangan untuk daerah yang tidak memiliki data. Sebelum dilakukan perhitungan terlebih dahulu ditentukan blok dalam kawasan kampus ITS. Kemudian dari data tersebut akan dihitung luas tutupan/ tajuk tiap pohon dan akan dikalikan dengan faktor koefisien daya serap gas CO_2 sehingga diperoleh kemampuan

- vegetasi dalam menyerap gas CO₂ di tiap blok pengamatan. Dari kemampuan tersebut akan didapat berapa kadar emisi yang tidak terserap di masing-masing blok. Diperoleh bahwa vegetasi pada semua blok sudah mencukupi.
2. Kajian mengenai kemampuan ruang terbuka hijau (RTH) dalam menyerap emisi karbon di Kota Surabaya oleh Ratri Adiastari pada tahun 2010. Peneliti adalah Mahasiswa Jurusan teknik Lingkungan ITS Surabaya, dan penelitian ini dilakukan sebagai tugas akhir untuk meraih gelar sarjana teknik. Penelitian ini menggunakan metodologi berdasarkan studi pustaka, pengumpulan data sekunder berupa luas dan persebaran taman dan jalur hijau di Kota Surabaya, dan data sekunder berupa observasi lapangan. Observasi lapangan dilakukan dengan mengukur area taman dan jalur hijau serta tutupan vegetasi. Hasil dari penelitian ini adalah kemampuan serapan taman dan jalur hijau adalah sebesar 40.311,62 ton/tahun dan 15.233,76 ton/tahun untuk kemampuan serapan berdasarkan luas tutupan vegetasi.
 3. Analisis kecukupan ruang terbuka hijau sebagai penyerapan emisi CO₂ di Perkotaan menggunakan program stella (Studi kasus : Surabaya Utara dan Timur) oleh Driananta Pradiptiyas. Peneliti adalah Mahasiswa Jurusan teknik Lingkungan ITS Surabaya, dan penelitian ini dilakukan sebagai tugas akhir untuk meraih gelar sarjana teknik. Analisis ini dilakukan menggunakan program stella. Kemudian dilakukan peningkatan daya serap CO₂ RTH dengan mengoptimalkan luas pohon pelindung dan merekomendasikan RTH publik yang belum dikelola oleh DKP Kota Surabaya dan Menambah RTH baru. Hasil penelitian ini menyatakan upaya peningkatan daya serap CO₂ mampu meningkatkan kemampuan serap CO₂ menjadi sebesar 5.580,28 (1,14%) di wilayah Surabaya Utara dan 13.384,76 ton/tahun (1,13%) di wilayah Surabaya Timur.
 4. Analisis kecukupan ruang terbuka hijau sebagai penyerapan emisi CO₂ di Perkotaan menggunakan program stella (Studi kasus : Surabaya Pusat dan Selatan) oleh Soegih Ratri Widyanadiari pada tahun 2011. Peneliti adalah Mahasiswa Jurusan teknik Lingkungan ITS Surabaya, dan penelitian ini dilakukan sebagai tugas akhir untuk meraih gelar sarjana teknik. Analisis ini dilakukan menggunakan simulasi model program stella. Setelah itu dilakukan

analisis dengan mengoptimalkan luas pepohonan pada RTH eksisting serta gabungan pengelolaan RTH yang belum dikelola pemerintah dan penambahan RTH baru. Hasil analisis ini adalah upaya peningkatan daya serap CO₂ mampu meningkatkan kemampuan serap CO₂ menjadi sebesar 6.673,34 (2,08%) di wilayah Surabaya Pusat dan 13.760,04 ton/tahun (1,42%) di wilayah Surabaya Selatan.

5. Analisis kecukupan ruang terbuka hijau privat pemukiman dalam menyerap emisi CO₂ dan memenuhi kebutuhan O₂ di Surabaya Utara (Studi kasus: Kecamatan Kenjeran) oleh Siti Rahmatia Pratiwi tahun 2012. Peneliti adalah Mahasiswa Jurusan teknik Lingkungan ITS Surabaya, dan penelitian ini dilakukan sebagai tugas akhir untuk meraih gelar sarjana teknik. Penelitian dilakukan melalui pengamatan langsung dilapangan dengan mengambil beberapa sampel yang terdiri dari tipe rumah mewah, menengah dan sederhana. Besarnya emisi CO₂ yang bersumber dari konsumsi energi berupa bahan bakar (LPG dan minyak tanah) dan dari *septictank* dihitung dengan pendekatan nilai faktor emisi dalam IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) dan dengan metode *box model*. Penilaian kerapatan pohon dalam penelitian ini dilakukan dengan penilaian secara visual dengan rentang 0-100%. Penentuan persentase kerapatan adalah berdasarkan penilaian pribadi penulis saat melakukan survey lapangan. Berdasarkan hasil penelitian, kemampuan serapan CO₂ RTH privat eksisting di Kecamatan Kenjeran untuk tipe rumah sederhana adalah 0,0001408 g/detik, rumah menengah 0,0009187 g/detik dan rumah mewah 0,0005520 g/detik. RTH privat eksisting tersebut mencukupi dalam menyerap emisi CO₂ dari seluruh tipe rumah.

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Umum

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan inventarisasi keberadaan Ruang Terbuka Hijau (RTH) serta menganalisis kecukupan RTH dalam menyerap emisi CO₂ di wilayah Kabupaten Sidoarjo dan memetakan kemampuan penyerapan CO₂ oleh RTH tersebut.

Analisis yang dilakukan terdiri dari beberapa tahapan yaitu melalui studi literatur yang terkait dengan penelitian ini, pengumpulan data, dan analisis dari data yang dikumpulkan. Data yang dikumpulkan meliputi data primer dan sekunder. Data primer diperoleh melalui serangkaian kegiatan survey yang diikuti dengan kuisisioner. Kuisisioner bertujuan untuk memperoleh gambaran sebaran, dan jumlah RTH (pohon) sebagai serapan di pemukiman. Kegiatan survey yang dilakukan yaitu survey sampel data luas area RTH publik dan privat, jumlah, dan kerapatan pohon pelindung di RTH. Data primer tersebut diperoleh dari pengamatan langsung di lapangan.

Data sekunder merupakan hasil studi terhadap berbagai penelitian terdahulu terkait dengan metode perhitungan kebutuhan RTH pada kawasan perkotaan. Selain itu dibutuhkan juga data sekunder berupa jumlah RTH eksisting yang ada di wilayah Kabupaten Sidoarjo, peta tata guna lahan, peta administrasi Kabupaten Sidoarjo, data jumlah Kepala Keluarga (KK) wilayah Kabupaten Sidoarjo, luas area penelitian (Kabupaten Sidoarjo), arah dan kecepatan angin Kabupaten Sidoarjo, jumlah dan persebaran taman, jalur hijau, pemakaman, sawah, lapangan, mangrove dan RTH privat di Sidoarjo, data pendukung perhitungan emisi karbon di Kabupaten Sidoarjo, dan data kemampuan serapan CO₂ tanaman.

Setelah data diperoleh, data dianalisis menggunakan metode matematis yaitu dengan menggunakan persamaan dari beberapa literatur. Penentuan serapan karbon oleh RTH dilakukan dengan dengan kemampuan serapan karbon berdasarkan pendekatan luas tutupan RTH. Kemudian diperoleh hasil analisis

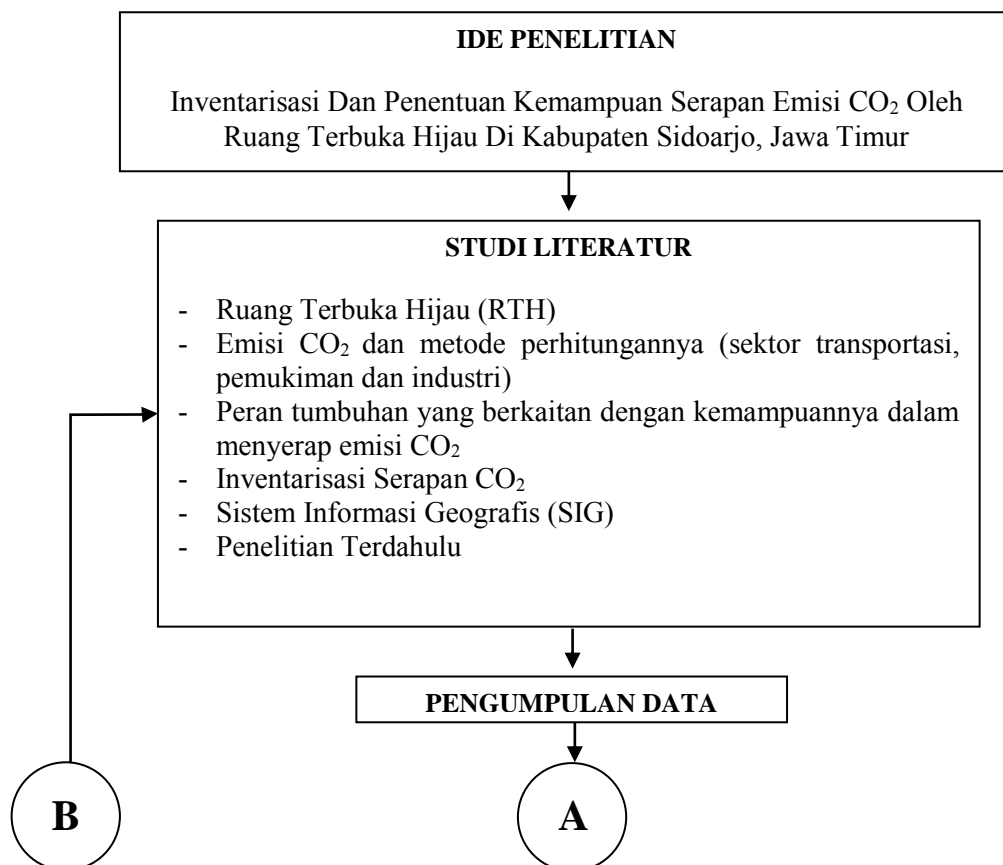
kemampuan RTH dalam menyerap emisi CO₂ dan dilanjutkan melakukan pemetaan kemampuan serapan RTH di Kabupaten Sidoarjo menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG).

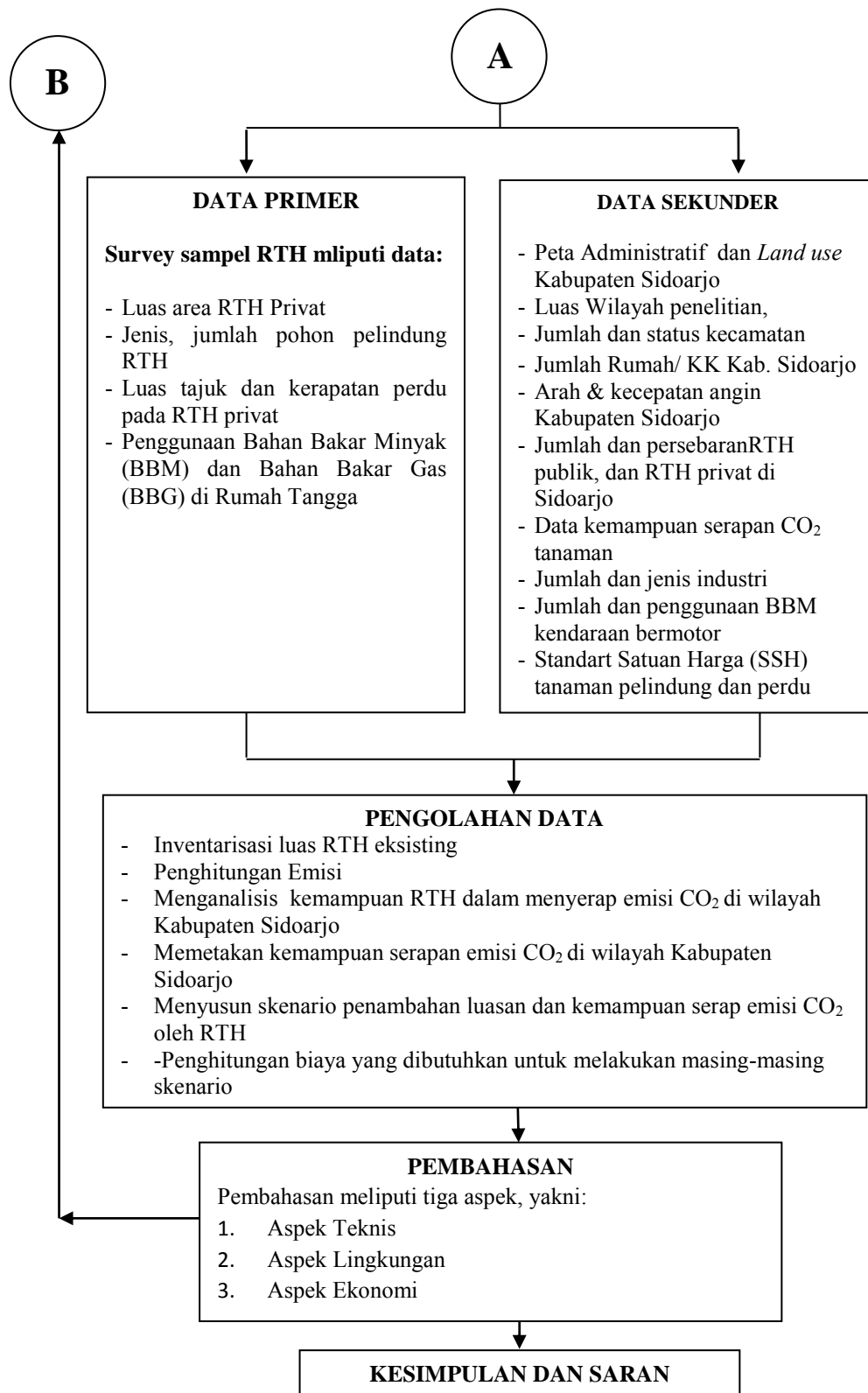
3.2 Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian digunakan untuk mengetahui poin-poin penting dari tahapan penelitian yang digunakan sebagai acuan selama perlaksanaannya. Kerangka penelitian ini disusun dengan tujuan:

1. Mengetahui tahapan yang dilakukan dalam penelitian yang dituangkan secara sistematis, dari awal penelitian sampai penulisan laporan tesis.
2. Memudahkan dalam mengetahui hal-hal yang berkaitan dengan pelaksanaan penelitian demi tercapainya tujuan penelitian.
3. Menghindari dan memperkecil terjadinya kesalahan selama melakukan penelitian.

Secara ringkas langkah-langkah tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.1.





Gambar 3.1 Kerangka Penelitian

3.3 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian ini berisi tentang penjabaran dari langkah-langkah yang dilakukan selama pelaksanaan penelitian. Langkah-langkah tersebut meliputi penjelasan secara rinci dari studi literatur, pengumpulan data, analisis dan pembahasan, serta kesimpulan dan saran.

3.3.1 Ide Penelitian

Penelitian dan penulisan dari Tesis dengan judul *"Inventarisasi Dan Penentuan Kemampuan Serapan Emisi CO₂ Oleh Ruang Terbuka Hijau Di Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur"* dilandasi oleh belum tersedianya informasi mengenai kecukupan RTH di wilayah Kabupaten Sidoarjo. Selain itu tingginya emisi CO₂ yang diakibatkan oleh konsumsi bahan bakar di wilayah studi dan kurangnya data tentang RTH eksisting sehingga dapat diasumsikan kondisi eksisting RTH di Kabupaten Sidoarjo belum memenuhi persyaratan luas minimum pada peraturan yang berlaku. Dengan adanya *gap* antara kondisi RTH eksisting dengan peraturan yang berlaku, maka diperlukan adanya inventarisasi dan penentuan rosot CO₂ akibat emisi tersebut oleh RTH di wilayah studi.

Penelitian ini merupakan pengembangan dari penelitian terdahulu yang telah dilaksanakan di beberapa wilayah, khususnya di Kota Surabaya. Dalam penelitian ini dilakukan inventarisasi jumlah dan persebaran ruang terbuka hijau meliputi RTH yang diamati adalah RTH publik dan RTH privat. RTH publik yang diamati adalah RTH yang berada di bawah pengawasan DKP Kabupaten Sidoarjo. Sementara RTH privat yang di amati adalah RTH yang berada di pemukiman.

Penyerapan emisi CO₂ dipengaruhi oleh luas dari tutupan vegetasi dalam hal ini merupakan luasan tajuk pohon dari data sekunder untuk RTH Publik dan untuk RTH Privat data diperoleh dari hasil pengambilan sampel langsung di lapangan. Jumlah emisi CO₂ di wilayah Kabupaten Sidoarjo dibandingkan dengan kemampuan serapan dan keberadaan RTH eksisting. Hasil inventarisasi serapan Kabupaten Sidoarjo dan perbandingannya dengan emisi CO₂ dipetakan menggunakan SIG sehingga diperoleh informasi persebaran RTH eksisting di Kabupaten Sidoarjo.

3.3.2 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk menunjang jalannya penelitian hingga penulisan laporan, agar diperoleh dasar teori yang jelas dan kuat dalam proses perhitungan dan analisis serta pembahasan sehingga dapat diperoleh suatu kesimpulan yang tepat. Sumber literatur yang digunakan dalam penelitian ini meliputi buku-buku teks, jurnal penelitian, serta penelitian terdahulu yang berkaitan. Beberapa bidang cakupan yang digunakan untuk studi literatur meliputi: Ruang Terbuka Hijau (RTH), Gas Rumah Kaca (GRK), emisi CO₂, peranan tumbuhan yang berkaitan dengan kemampuannya dalam menyerap emisi CO₂, inventarisasi serapan karbon, Sistem Informasi Geografis (SIG), serta penelitian terdahulu.

3.3.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk mendapatkan beberapa informasi dan data-data lain yang diperlukan dalam penelitian ini. Data yang dibutuhkan meliputi data primer dan data sekunder.

3.3.3.1 Data Primer dan Sekunder

Jenis data yang diperlukan berupa data primer dan data sekunder. Data primer didapatkan dari pengamatan langsung di lapangan. Pengambilan data primer ini dimaksudkan untuk mengetahui keadaan sebenarnya tentang luas persebaran RTH eksisting dan data mengenai jenis serta jumlah tanaman yang ada di dalam RTH privat. Pengambilan data ini dimaksudkan untuk menunjang proses penentuan estimasi kemampuan serapan emisi CO₂ oleh RTH di Kabupaten Sidoarjo. Selain itu pengamatan di lapangan juga menunjang proses analisis dan pemahaman dalam penelitian.

1. Data primer yang dibutuhkan meliputi:

- Luas tutupan perdu, jenis dan jumlah pohon pada RTH Privat
- Penggunaan BBM dan BBG di Rumah Tangga

Data tersebut digunakan sebagai dasar analisis RTH privat di mana tanaman yang menjadi objek utama yang berperan dalam menyerap CO₂. Data penggunaan bahan bakar di rumah tangga merupakan salah satu data yang dibutuhkan untuk

melakukan perhitungan estimasi besarnya Emisi CO₂ dari penggunaan bahan bakar di rumah tangga.

2. Data sekunder yang dibutuhkan

Data sekunder didapatkan dari dinas atau instansi terkait yaitu Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kabupaten Sidoarjo (DKP), Kantor Kecamatan dan Kelurahan setempat, BMKG Surabaya, serta instansi terkait lainnya. Data sekunder yang diperlukan dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Jenis Data Sekunder yang Dibutuhkan dan Sumber Data

No	Jenis Data	Sumber
1.	Jumlah, lokasi dan luas RTH publik	- Dinas Kebersihan Dan Pertamanan Kabupaten Sidoarjo - Dinas Pekerjaan Umum Ciptakarya
2.	Peta Administratif dan Land Use (RTRW) Kabupaten Sidoarjo.	- Badan Perencanaan Pembangunan Daerah - Dinas Pekerjaan Umum Ciptakarya
3.	Luas wilayah penelitian, Jumlah dan status kecamatan (perkotaan dan pedesaan) Jumlah Rumah Penduduk di Kab. Sidoarjo	Badan Pusat Statistik Kabupaten Sidoarjo
4.	Arah, kecepatan angin Kabupaten Sidoarjo	BMKG Juanda
5.	Data Kemampuan Serapan CO ₂ Tanaman	Studi Literatur
6.	Standar Satuan Harga (SSH) untuk jenis tanaman pelidung dan perdu, merujuk pada SSH Kota Surabaya	Pemerintah Kota Surabaya
7.	Traffic Counting dan rata-rata penggunaan BBM sektor transportasi	Dinas Perhubungan, Pertamina
8.	Jumlah dan jenis industri di kabupaten sidoarjo. Penggunaan Bahan bakar di tiap industri Kapasitas produksi industri	Badan Lingkungan Hidup Dinas Penrindustrian dan Koperasi

3.3.3.2 Metode Sampling

Untuk memudahkan dalam melakukan perhitungan daya serap CO₂ oleh RTH yang ada di tiap kecamatan di wilayah Kabupaten Sidoarjo ini, dilakukan perhitungan statistik untuk menentukan jumlah sampel RTH yang disurvei. Untuk perhitungan penentuan sampel, digunakan rumus statistik *Stratified Random Sampling* menurut Krejcie dan Morgan (1970) dalam Rizkatania (2012) yang

dapat dilihat pada Persamaan 3.1. Digunakan rumus ini karena berdasarkan hasil studi pustaka mengenai penelitian sejenis yang bersifat pendugaan proporsi, metode ini yang paling sesuai.

$$n = \frac{x^2 NP (1-P)}{(N-1)d^2 + x^2 P(1-P)} \dots\dots\dots (3.1)$$

Di mana:

- n = Jumlah total sampel wilayah studi
- N = Jumlah populasi dalam wilayah studi
- x² = Nilai standart *error* yang berhubungan dengan tingkat kepercayaan (digunakan selang kepercayaan 95 % maka X = 1,6)
- P = Proporsi populasi (digunakan 0,5)
- d = Galat pendugaan/batas error (5-10%)

Pengambilan sampel dalam satu kecamatan juga digolongkan berdasarkan status wilayah desa dan kota. Untuk menentukan jumlah sampel dalam satu kecamatan digunakan perhitungan berikut.

$$ni = n \left(\frac{Ni}{N} \right) \dots\dots\dots (3.2)$$

Di mana:

- Ni = Jumlah populasi pada masing-masing wilayah studi
- N = Jumlah total populasi wilayah studi
- n = Jumlah total sampel wilayah studi
- ni = Jumlah sampel pada masing-masing wilayah studi

Untuk RTH yang tidak disurvey penentuan kemampuan daya serap CO₂-nya berdasarkan rata-rata kemampuan daya serap CO₂ per m² dari RTH yang telah disurvey namun sesuai dengan jenis RTHnya.

3.3.4 Pengolahan Data Primer dan Data Sekunder

Pengolahan data primer dan sekunder dalam penelitian ini mencakup beberapa hal, yaitu:

a. Inventarisasi Keberadaan RTH Eksisting

Inventarisasi dilakukan berdasarkan data sekunder yang diperoleh.

b. Analisis Emisi CO₂

Analisis emisi CO₂ primer dilakukan dengan menggunakan data dari hasil perhitungan dari data primer dan data sekunder. Hasil perhitungan emisi CO₂ yang dihasilkan tersebut menjadi input data dalam penelitian ini. Perhitungan penentuan tingkat beban emisi karbon di Kabupaten Sidoarjo menggunakan *Box Model*.

c. Perhitungan dan Analisis Daya Serap CO₂ oleh RTH eksisting

Dalam penelitian ini, perhitungan daya serap RTH eksisting terhadap emisi CO₂ dihitung berdasarkan pada dua variabel yang saling dikombinasikan untuk mendapatkan data hasil analisis dan perhitungan yang tepat. Adapun kedua variabel tersebut adalah luas tutupan vegetasi dan kemampuan serapan pohon melalui pendekatan besarnya serapan tajuk pohon yang terdapat dalam Tabel 2.8 di Bab 2.

- ✓ Jenis pohon ditentukan dengan metode pengambilan sampel dan pengamatan langsung kemudian dihitung jumlah berdasarkan jenisnya masing-masing. Pengamatan terhadap jenis pohon dilakukan pada RTH privat.
- ✓ Pengukuran luasan tajuk dilakukan dengan cara mengukur diameter tajuk menggunakan meteran. Tiap tajuk tanaman diukur dua kali secara tegak lurus kemudian dihitung nilai rata-ratanya. Nilai luas tajuk didapat dengan formula Mangold (1997) dalam Pratiwi (2012) pada Persamaan (3.3).

$$LT = \pi \left(\frac{r_1 + r_2}{2} \right)^2 \times \text{Kerapatan Tajuk} \dots\dots\dots (3.3)$$

Di mana:

LT = Luasan Tajuk masing-masing jenis pohon (m²)

π = 3,14 (konstanta)

r = Diameter tanaman (m)

Kerapatan Tajuk masing-masing jenis pohon (%) (minimal 50%, maksimal 100%)

Daya serapan CO₂ dihitung berdasarkan luas tutupan vegetasi. Menurut Pentury (2003), hubungan antara laju serapan dan luas tajuk pohon dimodelkan dengan formulasi matematika seperti pada Persamaan 3.3. Perhitungan ini didasari oleh data luasan RTH publik eksisting yang diperoleh dari data sekunder. Untuk mendapatkan kemampuan serapan per luasan area atau per jenis RTH adalah dengan mengalikan luas tajuk yang diperoleh menggunakan Persamaan (3.3) dengan persen kerapatan dan laju serapan, seperti pada Persamaan 3.4.

$$\text{Daya Serap Area} = LT \times \% \text{ Kerapatan} \times S \dots\dots\dots (3.4)$$

Daya Serap Area = Kemampuan Jenis Ruang Terbuka Hijau dalam Menyerap Emisi CO₂

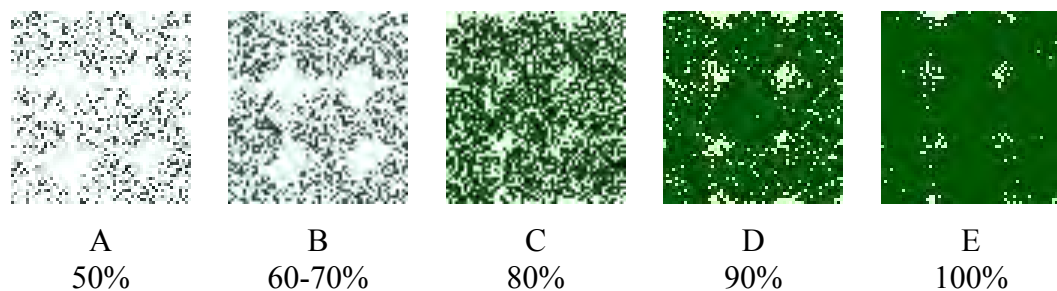
LT = Luasan Tajuk masing-masing jenis pohon (m²)/ luas area RTH

Kerapatan = Kerapatan Tajuk masing-masing jenis pohon (%) (minimal 50%, maksimal 100%)

S = Laju serapan CO₂ (gram/detik)

Nilai laju serapan (S) diperoleh dari Persamaan (2.5) maupun dari Tabel (2.8)

Penentuan persentase kerapatan tajuk didasarkan pada penilaian secara visual. Penilaian ini bersifat subyektif sehingga dibutuhkan acuan. Kerapatan tajuk ditentukan berdasarkan ketebalan tutupan daun dalam satu area untuk RTH publik. Penentuan kerapatan dianggap seragam untuk masing-masing jenis RTH Publik. Sehingga diasumsikan terjadi keseragaman kerapatan untuk tiap jenis RTH Publik di seluruh wilayah studi. Penentuan kerapatan untuk RTH privat adalah tiap pohon dan stiap jenis perdu. Penentuan asumsi kerapatan tajuk ini dilakukan berdasarkan pengembangan dari penelitian terdahulu yang telah dijelaskan pada Bab 2. Gambar 3.2 merupakan bentuk visualisasi penentuan kerapatan tajuk.



Gambar 3.2 Visualisasi Penentuan Persentase Kerapatan Tajuk

Demikian halnya untuk RTH privat. Perhitungan ini didasari oleh perhitungan luasan RTH privat eksisting pada masing-masing responden sesuai wilayah pengembangan (desa dan kota) yang diperoleh dari kuisioner. Pada tahap ini dilakukan perhitungan untuk menentukan daya serap CO₂ rata-rata dengan menggunakan Persamaan (2.9). Setelah dilakukan perhitungan maka diketahui kemampuan penyerapan CO₂ oleh RTH per satuan luas yang kemudian dikalikan dengan luasan RTH privat eksisting tiap responden dengan menggunakan Persamaan (2.10). Sehingga dapat diketahui kemampuan RTH privat eksisting pada masing-masing responden dalam menyerap emisi CO₂ sesuai tipe rumah (Yusrinoati, 2012).

Selanjutnya dihitung rata-rata kemampuan RTH privat eksisting dalam menyerap emisi CO₂ dengan menggunakan Persamaan (2.11). Setelah diperoleh hasil kemampuan rata-rata RTH privat eksisting dalam menyerap emisi CO₂, hasil ini selanjutnya dikalikan dengan total rumah yang ada di Kabupaten Sidaorjo sesuai masing-masing status wilayah desa atau kota dengan menggunakan Persamaan (2.12) sehingga diperoleh total kemampuan daya serap RTH privat (permukiman).

d. Pemetaan Persebaran RTH Berdasarkan Kemampuan Serapan Terhadap CO₂

Setelah dilakukan perhitungan kemampuan RTH dalam menyerap emisi tersebut, kemudian dilakukan pemetaan lokasi RTH eksisting berdasarkan kemampuan serapan terhadap CO₂. Dengan demikian dapat diketahui lokasi-lokasi yang membutuhkan penambahan RTH. Pemetaan ini akan dilakukan dengan SIG.

3.3.5 Pembahasan

Setelah perhitungan selesai dilakukan, maka dilakukan analisis data pembahasan berdasarkan hasil yang didapatkan selama penelitian berlangsung. Analisis dan pembahasan dilakukan untuk mengetahui kecukupan RTH eksisting di wilayah studi dalam menyerap emisi CO₂. Dalam pembahasan dilakukan

analisis mencakup tiga aspek, yakni aspek teknis, aspek lingkungan dan aspek hukum/ peraturan.

1. Aspek Teknis

Pembahasan dilakukan untuk mengetahui metode penentuan faktor serapan yang sesuai dengan kondisi wilayah setempat, serta perbandingan antara kemampuan serapan total emisi CO₂ oleh RTH dengan beban polusi CO₂ di Kabupaten Sidoarjo. Tujuan dibandingkan nilai tersebut adalah untuk mengetahui apakah kemampuan serapan emisi CO₂ oleh RTH sudah mencukupi untuk mereduksi beban polusi CO₂ di Kabupaten Sidoarjo, dan seberapa besar gap yang terjadi.

Setelah itu, dilakukan pembahasan mengenai penyebaran kemampuan serapan oleh RTH di Kabupaten Sidoarjo dengan pemetaan tapak karbon menggunakan SIG. Hasil yang diharapkan adalah penyebaran kemampuan serapan karbon oleh RTH di suatu wilayah termasuk tingkatan dengan kemampuan serapan rendah, sedang, atau tinggi. Dari hasil tersebut dapat dianalisis apa yang harus dilakukan setelah mengetahui kemampuan serapan di wilayah tersebut, apa yang perlu dilakukan oleh pemerintah setempat dalam melakukan pengembangan wilayah dan metode apa yang paling sesuai dengan kondisi ketersediaan data daerah setempat.

2. Aspek Lingkungan

Pembahasan aspek lingkungan dilakukan dengan menentukan dampak yang ditimbulkan akibat kurangnya RTH dalam fungsinya sebagai penyerap emisi CO₂ di Kabupaten Sidoarjo. Sehingga diketahui cara penanggulangan dari dampak yang ditimbulkan. Cara penanggulangan meliputi proses adaptasi dan proses mitigasi dampak.

Proses pendugaan dampak dilakukan dengan metode *Rapid Assessment Process* (RAP). RAP adalah salah satu cara untuk menentukan dampak yang ditimbulkan dari suatu kegiatan atau tren perubahan iklim dengan waktu yang singkat dan sumber daya yang terbatas. Tahap-tahap yang harus dilalui adalah (Anonim, 2014):

- Pengumpulan Data, Langkah awal sebelum melakukan pengumpulan data adalah mengenali sumber dampak dan akibatnya. Dalam hal ini

diidentifikasi sumber dampak adalah tingginya emisi CO₂ yang tidak terserap akibat minimnya RTH sebagai penyerap emisi.

- Perhitungan, Data yang dikumpulkan biasanya perlu konversi ke satuan lain, dan sedapat mungkin ditelaah kaitannya. Sehingga dapat ditentukan dampak yang akan timbul pada wilayah tertentu.

Dalam penelitian ini, pendugaan dampak dan upaya adaptasi mitigasi dilakukan untuk wilayah (kecamatan) dengan luas RTH yang tidak mencukupi fungsinya sebagai penyerap emisi CO₂. Dilakukan pendugaan dampak dan upaya adaptasi mitigasi sesuai dengan kondisi dan peruntukan lahan di kecamatan tersebut. Dilakukan penyusunan skenario penambahan luas RTH untuk meningkatkan kemampuan serapan emisi CO₂ sebagai bentuk upaya adaptasi.

3. Aspek Ekonomi

Pembahasan aspek ekonomi bertujuan untuk mengetahui nilai ekonomi dari skenario yang di susun. Sehingga diketahui skenario mana yang lebih memungkinkan untuk di aplikasikan di Kabupaten Sidoarjo. Penetapan harga dalam perhitungan aspek ekonomi masing-masing skenario disesuaikan dengan Standar Satuan Harga Belanja Daerah Kota Surabaya 2012. Digunakan standar ini karena diasumsikan kondisi perekonomian dan harga jual barang di Kabupaten Sidoarjo paling mendekati dengan standar harga Kota Surabaya.

3.3.6 Tahap Kesimpulan dan Saran

Dari analisis dan pembahasan dapat ditarik kesimpulan serta saran yang dapat menjawab rumusan dan tujuan dari penelitian ini. Saran diberikan untuk perbaikan penelitian dan masukan untuk pelaksanaan penelitian selanjutnya. Selain saran diberikan rekomendasi mengenai langkah-langkah ataupun upaya yang dapat dilakukan dalam melestarikan maupun meningkatkan keberadaan RTH publik dan permukiman khususnya di wilayah studi.

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1. Aspek Teknis

Penentuan kemampuan serapan emisi CO₂ dapat diestimasi berbasis pelingkupannya seperti lahan perorangan, luasan suatu area, atau suatu wilayah tertentu, dan seterusnya sampai lingkup global. Dengan demikian ketepatan dalam mengestimasi kemampuan serapan setiap lingkup wilayah akan sangat ditentukan ketelitian data dalam menginventarisasi jenis lokasi dan besaran kontributornya.

Semakin besar lingkup perhitungan maka dibutuhkan data inventarisasi yang semakin lengkap dan valid, agar diperoleh hasil estimasi kemampuan serapan yang semakin baik. Namun demikian, dalam mengestimasi kemampuan serapan suatu lingkup wilayah tidak harus menunggu data valid dan lengkap. Estimasi semestinya dapat dilakukan dengan data-data yang ada dan asumsi-asumsi yang baik secara akademik, dengan mempertimbangkan wilayah lain yang sejenis sebagai referensi. Estimasi ini dapat dijadikan pijakan awal dalam evaluasi kemampuan serapan emisi CO₂. Selanjutnya, dengan memperbaiki kualitas data inventaris, kelengkapan, dan kevalidan data, maka hasil estimasi berikutnya akan semakin baik, atau bahkan untuk mengoreksi estimasi sebelumnya.

Untuk mengestimasi dan mengkaji kemampuan serapan RTH suatu wilayah kota, idealnya adalah didasarkan pada data-data yang valid, lengkap, dan detail yang menggambarkan lokasi-lokasi RTH baik publik maupun privat. Dengan demikian semakin lengkap data suatu wilayah maka dapat dilakukan estimasi kemampuan serapan semakin baik. Namun, pelaksanaan pengelolaan, kemampuan akses informasi, taraf sosial masyarakat, dan kondisi wilayah yang berbeda-beda menyebabkan beragamnya pola data-data inventaris, kelengkapan, kedetailan dan kevalidannya.

Data-data dengan kualitas dan pola yang berbeda ini, memungkinkan menjadi sumber perbedaan yang signifikan jika dipaksakan untuk mengestimasi kemampuan serapan emisi CO₂ oleh RTH suatu wilayah. Sehingga perlu adanya pemaksimalan dalam pemberdayaan data yang tersedia di tambah asumsi-asumsi

yang sesuai sehingga dapat dilakukan penentuan potensi penyerapan emisi CO₂ oleh masing-masing jenis RTH.

4.1.1 Inventarisasi dan Potensi Penyerapan Masing-Masing Ruang Terbuka Hijau

Secara eksisting, RTH di wilayah perencanaan terbagi atas RTH Publik dan RTH Privat. Secara fisik RTH dapat dibedakan menjadi RTH alami berupa habitat liar alami, kawasan lindung dan taman-taman nasional serta RTH non alami atau binaan seperti taman, lapangan olahraga, pemakaman atau jalur-jalur hijau jalan. Dilihat dari fungsi RTH dapat berfungsi ekologis, sosial budaya, estetika dan ekonomi. Secara struktur ruang, RTH dapat mengikuti pola ekologis (mengelompok, memanjang dan tersebar), maupun pola planologis yang mengikuti hirarki dan struktur ruang perkotaan (DKP Kabupaten Sidoarjo, 2013).

Data-data sekunder dari berbagai instansi, hasil penelitian terdahulu, dan hasil survey menjadi sumber-sumber data inventarisasi dalam inventarisasi dan penentuan serapan emisi CO₂ di Kabupaten Sidoarjo ini. Data-data yang dikumpulkan dari berbagai sumber tersebut kemudian diinventaris dalam 2 kelompok yaitu Ruang Terbuka Hijau Publik dan Ruang Terbuka Hijau Privat. Beberapa Ruang Terbuka Hijau di wilayah perencanaan yang dapat teridentifikasi adalah sebagai berikut.

4.1.1.1 Ruang Terbuka Hijau Publik

Berdasarkan pengumpulan data tentang RTH Publik, secara umum Kabupaten Sidoarjo memiliki beberapa tipe RTH yang cukup signifikan, dan luasannya tercatat pada data Dinas Kebersihan dan Pertamanan (DKP) maupun Dinas Pekerjaan Umum Cipta Karya maupun BPS Kabupaten Sidoarjo. Beberapa tipe RTH tersebut antara lain taman, jalur hijau, pulau jalan, median jalan, jalur hijau jalan TOL, sawah, tambak, lapangan, pemakaman, dan area tutupan mangrove.

a. RTH Berbentuk Jalur Hijau Koridor Jalan

Jalur hijau koridor jalan yang tertata pada umumnya terletak di jalan-jalan utama Kawasan Perkotaan. Pola tata hijau berbentuk linear dan jenis vegetasi pada

koridor jalan tersebut mayoritas berfungsi sebagai pohon peneduh dan pengarah jalan. Beberapa jalan yang teridentifikasi sebagai koridor jalan dengan jalur hijau yang tertata dilihat berdasarkan tata hijau dengan jenis vegetasi yang seragam, jarak tanam dan fungsi yang diberikan dari jenis vegetasi tersebut. Rata-rata vegetasi yang digunakan sepanjang jalur hijau adalah Glodogan Tiang dan Angsana. Jalur hijau tersebut antara lain berada pada beberapa koridor jalan berikut:

- | | |
|--------------------------------|-----------------------------|
| a. Jalan Raden M. Mangkudirojo | g. Jalan Sultan Agung |
| b. Jalan Raya Candi | h. Jalan Gubernur Suryo |
| c. Jalan Trunojoyo | i. Jalan Cokronegoro |
| d. Jalan Kartini | j. Jalan Lingkar Barat |
| e. Jalan Untung Suropati | k. Jalan Jenggolo |
| f. Jalan Kom.Bes.Pol.M.Dulyat | l. Sebagian Jalan Pagerwojo |



Gambar 4.1 Gambaran Jalur Hijau di Kabupaten Sidoarjo

Gambar 4.1 memberikan gambaran jenis vegetasi yang digunakan sebagai jalur hijau di Kabupaten Sidoarjo. Dua jenis vegetasi yang paling banyak digunakan adalah Glodogan Tiang dan Angsana. Di mana kedua pohon tersebut memiliki fungsi sebagai tanaman peneduh dan pengarah jalan. Dari kedua jenis pohon tersebut, Angsana sangat sesuai sebagai pohon peneduh, karena tutupan kanopinya yang cukup lebar sehingga dapat melindungi pejalan kaki dari terik matahari. Sementara Glodogan tiang lebih sesuai sebagai penghijau dan pengarah jalan karena kerapatan daunnya.

b. Taman, Pulau dan Median Jalan

Taman pulau jalan adalah RTH yang terbentuk oleh geometris jalan seperti pada persimpangan tiga atau bundaran jalan. Median jalan dapat berupa taman atau non taman, jika median jalan berupa taman maka sudah ada penataan atau tata hijau yang ditata dengan jenis vegetasi dan memiliki fungsi tertentu, jika median jalan berupa non taman, keberdaannya masih berupa *hard space* (tidak ada penanaman jenis vegetasi).

Kondisi eksisting beberapa RTH Publik di wilayah Kabupaten Sidoarjo tergolong tertata dengan baik. Hal ini dapat diamati dari penataan jenis vegetasi di dalam taman. Jenis vegetasi tertata sesuai dengan fungsi dan penempatannya. Salah satunya adalah jika terdapat jalur pejalan kaki, maka jenis vegetasi dengan fungsi peneduh dan pengarah ditanam pada kanan kiri pedestrian, untuk memberikan kenyamanan dan kemudahan bagi para pengunjung (pejalan kaki) untuk menikmati keindahan taman. Tanaman-tanaman hias sebagai penambah nilai estetika juga ditata di area taman.

c. Sawah, Tambak, Lapangan, Pemakaman, dan Area Tutupan Mangrove

Data inventarisasi RTH jenis sawah, tambak, lapangan, pemakaman dan mangrove diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum Cipta Karya, Citra Satelit menggunakan *Google Earth* pada Tahun 2014 dan BPS Kabupaten Sidoarjo. Vegetasi dalam area sawah dan lapangan tergolong 100% perdu dan rumput. sementara di tambak, mangrove dan pemakaman dapat dibagi menjadi jenis perdu dan jenis pohon. Tidak semua kecamatan di Sidoarjo memiliki RTH privat berupa sawah, tambak, lapangan, pemakaman dan mangrove, bahkan tahun 2013 luasan RTH khususnya jenis sawah, tambak dan lapangan semakin berkurang akibat perubahan tata guna lahan menjadi perumahan, pergudangan maupun industri.

Tabel 4.1 memberikan gambaran visual tentang pengelolaan dan kondisi eksisting beberapa jenis RTH di Kabupaten Sidoarjo. Penjelasan kondisi eksisting diperoleh dari hasil pengamatan. Beberapa jenis RTH yang diamati antara lain RTH pedestrian atau jalur hijau, taman kota, pulau jalan, dan median jalan.

Tabel 4.1 Kondisi Eksisting Beberapa RTH

Gambar	Kondisi Eksisting
	Pulau Jalan di jalan Mojopahit masih cukup tertata dengan baik. Memiliki luas area $\pm 2,640.00 \text{ m}^2$ dan terdiri dari 90 % perdu berupa tanaman hias jenis Heliconia, Gajah mini, Tri colour, dan jenis perdu lain. Pohon yang ditanam adalah bunga kamboja.
	Median jalan di Jalan Cokronegoro berupa taman seluas 250 m^2 di tepi median dan menggunakan paving ditengahnya, tumbuhan ditata dengan menggunakan pot, jenis perdu yang ditanam sangat beragam. Pohon yang ditanam adalah Angsana. Tutupan lahan mencapai 90%.
	Pedestrian jalan di taman Jalan Jenggolo. Pedestrian yang berupa <i>hard space</i> (paving), sudah ditunjang dengan penataan jenis vegetasi tetapi belum dapat memberikan fungsi peneduh dan kenyamanan bagi pejalan kaki. Jenis vegetasi yang ditanam adalah perdu meliputi Heliconia, Hanjuang Merah, Pandan kuning, dan beberapa jenis lain. Tutupan lahannya 60% perdu dan 40% paving.
	Pedestrian di Jalan Sultan Agung hanya dilengkapi dengan satu jenis vegetasi saja yakni Glodogan Tiang dengan tinggi $\pm 10 \text{ m}$ dan menutupi 40% lahan pedestrian.
	Tugu Alun-alun Sidoarjo merupakan taman skala kecamatan yang sering digunakan oleh masyarakat untuk bersantai. Taman berupa <i>hardspace</i> (paving) ini memiliki jumlah RTH seluas $33,480.00 \text{ m}^2$. 40% tutupan lahannya adalah rumput, 30 % pohon Glodogan Tiang, Beringin dan Angsana serta 30% paving.

Lanjutan Tabel 4.1

Gambar	Kondisi Eksisting
	<p>Area pemakaman Desa Siwalanpanji, Kecamatan Buduran sangat berpotensi untuk ditata. Secara eksisting telah ada beberapa jenis vegetasi antara lain Kamboja dan Beringin. Tutupan lahan oleh pohon hanya mencapai 40% area sehingga nampak gersang. Namun lantai pemakaman 80% tertutup oleh rumput dan perdu.</p>
	<p>Tepi kiri kanan jalan tol dapat difungsikan sebagai ruang terbuka hijau (RTH). Dan ini sudah sesuai amanat Undang-Undang No. 26/2007 tentang Penataan Ruang. Sepanjang Jalur TOL Sidoarjo-Porong ditanami pohon trembesi, bintaro, mahoni, akasia dan jenis pohon peneduh lain. Lebar jalur hijau ini mencapai 2-3 meter.</p>
	<p>Area tambak yang berada di wilayah Kecamatan Sedati berpotensi untuk ditata dengan jenis vegetasi yang sesuai dengan lokasi pertambakan, atau dijadikan tambak tumpang sari. Vegetasi yang dapat di gunakan antara lain berbagai jenis Avicenia dan Rhizopora. Rata-rata tutupan lahan tambak di Kabupaten Sidoarjo adalah $\pm 50\%$.</p>
	<p>Area sawah yang berada di wilayah Kecamatan Tulangan berpotensi untuk dioptimalkan sebagai serapan emisi CO₂, yakni dengan melestarikan budaya tumpang sari. Rata-rata laju serapan RTH sawah adalah 12 Ton CO₂/Ha/ Tahun.</p>

Sumber: Hasil Pengamatan, 2014

Tabel 4.1 memberikan gambaran singkat secara visual tentang kondisi eksisting berbagai jenis RTH di Kabupaten Sidoarjo. Secara visual RTH di Kabupaten Sidoarjo sebagian besar telah dikelola dengan baik. Khususnya RTH Publik di wilayah perkotaan, seperti di Kecamatan Sidoarjo, Kecamatan Buduran dan Kecamatan Taman. Untuk mengetahui kondisi masing-masing RTH dan

estimasi kemampuan serapannya terhadap emisi CO₂, maka dilakukan inventarisasi dan penentuan kemampuan serapan RTH baik publik maupun privat di Kabupaten Sidoarjo.

1. Penentuan Luas Tutupan Vegetasi RTH Publik

Penentuan luas tutupan vegetasi RTH Publik adalah berdasarkan data sekunder yang diperoleh dari Dinas terkait, antara lain Dinas Kebersihan dan Pertamanan (DKP), Dinas Pekerjaan Umum (PU) Cipta Karya, Badan Pusat Statistik (BPS), dan Badan Perencanaan dan Pembangunan Daerah (BAPPEDA) Kabupaten Sidoarjo. Data sekunder tersebut kemudian di kombinasikan sehingga menemukan hasil yang paling sesuai.

Tabel 4.2 memberikan informasi tentang hasil inventarisasi luasan area masing-masing jenis RTH Publik perkecamatan di Kabupaten Sidoarjo. Beberapa jenis RTH yang berhasil di inventarisasi antara lain taman, jalur hijau, pulau jalan, median jalan, jalur hijau jalan TOL, sawah, tambak, lapangan, pemakaman, dan area tutupan mangrove. Data Luas area RTH publik diperoleh berdasarkan data dari DKP Dinas Pekerjaan Umum Cipta Karya dan Badan Pusat Statistik, dan Badan Perencanaan dan Pembangunan Daerah (BAPPEDA) Kabupaten Sidoarjo. Data luas tutupan mangrove diperoleh dari

Berdasarkan Tabel 4.2 diketahui bahwa luas area RTH Publik di Kabupaten Sidoarjo adalah 1.508.007,38 ha. Kecamatan Sidoarjo adalah satu-satunya kecamatan yang memiliki seluruh jenis RTH publik taman, jalur hijau, pulau jalan, median jalan, jalur hijau jalan TOL, sawah, tambak, lapangan, pemakaman, dan area tutupan mangrove. Sehingga Kecamatan Sidoarjo merupakan kecamatan dengan luas area RTH tertinggi sebesar 626.045,75 Ha, mencapai 42% dari keseluruhan area RTH publik di Kabupaten Sidoarjo.

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum tahun 2008 tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan RTH di Wilayah Perkotaan, proporsi RTH pada wilayah perkotaan adalah sebesar minimal 30% yang terdiri dari 20% RTH dan 10% terdiri dari ruang terbuka hijau privat (Gambar 2.7). Berdasarkan peraturan tersebut maka Kabupaten Sidoarjo memiliki kewajiban menyediakan 20% dari keseluruhan luas wilayahnya untuk dijadikan RTH.

Tabel 4.2 Luas Masing-Masing Jenis RTH Publik Perkecamatan Di Kabupaten Sidoarjo

Kecamatan	Luas Ruang Terbuka Hijau (Ha)								Total
	Taman	Jalur Hijau, Pulau, Median Jalan	Jalur Hijau TOL	Sawah	Lapangan	Tambak	Pemakaman	Mangrove	
Sidoarjo	6,19	5,62	1,65	310,00	105.400,00	3.655,95	516.591,59	64,74	626.045,75
Buduran	1,94	5,05	8,79	639,50	29.200,00	-	51.000,00	30,84	80.886,12
Candi	0,21	0,92	5,29	1.036,50	20.100,00	-	37.400,00	-	58.542,91
Porong	1,15	-	-	1.007,51	-	-	-	-	1.008,66
Krembung	-	-	-	1.856,80	-	-	-	-	1.856,80
Tulangan	-	-	-	1.868,61	-	-	-	-	1.868,61
Tanggulangin	0,10	0,61	6,61	1.416,10	19.200,00	-	15.600,00	-	36.223,42
Jabon	-	-	-	1.564,00	-	733,87	-	314,21	2.612,08
Krian	0,10	0,02	-	1.738,88	73.500,00	-	68.200,00	-	143.438,99
Balongsendo	-	-	-	2.243,00	-	-	-	-	2.243,00
Wonoayu	-	-	-	2.106,00	-	-	-	-	2.106,00
Tarik	-	-	-	2.112,00	-	-	-	-	2.112,00
Prambon	-	-	-	2.072,97	-	-	-	-	2.072,97
Taman	4,47	0,20	4,96	736,00	23.600,00	-	23.108,16	-	47.453,79
Waru	0,02	2,14	-	571,09	18.400,00	-	107.381,57	-	126.354,81
Gedangan	4,04	1,52	-	675,70	9.400,00	-	25.240,16	-	35.321,42
Sedati	-	1,32	-	458,00	-	7.220,69	-	635,94	8.315,94
Sukodono	-	-	8,79	1.776,08	-	-	327.759,24	-	329.544,11
Jumlah	28,20	17,39	34,44	24.188,74	298.800,00	11.610,51	1.172.280,72	1.045,73	1.508.007,38

Sumber: Dinas Kebersihan dan Pertamanan, Dinas Pekerjaan Umum Cipta Karya, 2013

Hal tersebut juga diatur dalam RIK Peraturan Daerah Kabupaten Sidoarjo Nomor 6 Tahun 2009 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Sidoarjo Tahun 2009-2029 Pasal 51 ayat (11)-a. Disebutkan bahwa kawasan permukiman perkotaan dengan ketentuan 30% dari wilayah perkotaan digunakan sebagai ruang terbuka hijau, yang meliputi 20% ruang terbuka hijau publik dan 10% ruang terbuka hijau privat.

Berdasarkan hasil perhitungan, luas wilayah Kabupaten Sidoarjo adalah 71.427 Ha. Syarat minimal luas RTH Publik adalah 20% dari luasan tersebut, sehingga diperoleh luas minimum yang harus dipenuhi adalah 14.285,4 Ha. Sementara dari Tabel 4.2 diketahui total luas RTH Publik di Kabupaten Sidoarjo adalah 1.508.007,38 Ha. Dapat disimpulkan bahwa RTH Publik di Kabupaten Sidoarjo sudah memenuhi peraturan yang berlaku.

2. Penentuan Daya Serap CO₂ pada Ruang Terbuka Hijau Publik Eksisting

Penentuan daya serap CO₂ pada RTH publik dilakukan berdasarkan luas tutupan vegetasi yang telah disajikan pada Tabel 4.2. Perhitungan ini didasari oleh data luasan RTH publik eksisting yang diperoleh dari data sekunder. Data diperoleh dari dinas terkait meliputi Dinas Kebersihan dan Pertamanan, Dinas Perencanaan Umum Cipta Karya, Badan Pusat Statistik, dan Badan Perencanaan dan Pembangunan Daerah (BAPPEDA) Kabupaten Sidoarjo. Ruang Terbuka Hijau Publik di Kabupaten Sidoarjo yang diamati meliputi Taman kota, Jalur hijau, Jalur hijau TOL, Sawah, Lapangan, Tambak, Pemakaman, dan Mangrove.

Tujuan dilakukannya perhitungan ini adalah untuk mengetahui kemampuan RTH publik dalam menyerap emisi CO₂ per satuan luas. Hasil perhitungan ini kemudian akan digunakan sebagai faktor pengali untuk menghitung kemampuan RTH publik eksisting pada tiap kecamatan dalam menyerap emisi CO₂.

Sebelum melakukan penentuan kemampuan atau daya serap CO₂ oleh RTH dengan pendekatan luas area maka harus menentukan faktor serapan Emisi CO₂. Faktor serapan ini yang kemudian disebut sebagai laju serapan menjadi salah satu faktor pengali untuk menentukan seberapa besar suatu jenis RTH dapat menyerap emisi CO₂ dalam satuan waktu tertentu. Untuk menghitung laju serapan ini dibutuhkan data intensitas cahaya yang berlaku di wilayah studi. Berdasarkan

penelitian yang telah dilakukan oleh Adiastari (2010), intensitas cahaya untuk Kabupaten Sidoarjo seperti tertulis pada Tabel 2.9

Berdasarkan Persamaan 2.10, maka dapat dihitung laju serapan CO₂ oleh tumbuhan seperti contoh perhitungan berikut ini.

Contoh perhitungan Bulan Januari:

- I = 409,30 watt/m²
- S = 0,2278 x e^(0,0048 x 409,30)
= 1,6251 µg/cm²/menit
= 2,71 x 10⁻⁸ g/cm²/detik

Hasil perhitungan selengkapnya disajikan dalam Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Laju Serapan CO₂ oleh RTH

Bulan	I	S	S
	(watt/m ²)	(µg/cm ² /menit)	(g/cm ² /detik)
Januari	409,34	1.6251	0,000000027084
Februari	467,06	2.1438	0,000000035730
Maret	425,83	1.7589	0,000000029315
April	424,86	1.7507	0,000000029179
Mei	389,46	1.4771	0,000000024619
Juni	389,46	1.4771	0,000000024619
Juli	384,12	1.4398	0,000000023996
Agustus	397,70	1.5368	0,000000025613
September	432,14	1.8130	0,000000030216
Oktober	420,01	1.7105	0,000000028508
November	423,41	1.7386	0,000000028976
Desember	402,07	1.5693	0,000000026155
Rata-rata			0,0000000278341

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan Tabel 4.3, diperoleh hasil rata-rata serapan CO₂ oleh RTH yaitu sebesar 2,783 x 10⁻⁸ g CO₂/cm²/detik. Angka ini nantinya akan digunakan sebagai salah satu faktor pengali untuk menghitung laju serapan CO₂ oleh RTH dengan pendekatan luasan area. Selain menggunakan faktor pengali dari Tabel 4.3 digunakan juga faktor pengali dari Tabel 2.8 di Bab 2, khusus untuk perhitungan saya serap CO₂ oleh RTH sawah, lapangan, dan tambak.

Setelah diketahui faktor serapan RTH terhadap emisi CO₂ maka dapat dilakukan perhitungan penentuan estimasi daya atau kemampuan serap CO₂ oleh RTH. Berikut ini akan dijelaskan mengenai metode penentuan estimasi kemampuan serap emisi CO₂ oleh masing-masing jenis RTH di Kabupaten Sidoarjo dengan pendekatan luas area.

1. Penentuan Daya Serap CO₂ Oleh RTH Taman Kota

Daya serap CO₂ oleh RTH Taman kota dihitung untuk seluruh taman kota yang terdapat di Kabupaten Sidoarjo sesuai dengan data yang diperoleh dari Dinas Kebersihan dan Pertamanan (DKP) serta Dinas Perencanaan Umum Cipta Karya Kabupaten Sidoarjo. Berdasarkan data yang diperoleh, di Kabupaten Sidoarjo terdapat sembilan kecamatan yang tidak memiliki taman kota atau memiliki taman kota yang tidak dipelihara. Sehingga kesembilan kecamatan tersebut tidak dimasukkan dalam perhitungan. Perhitungan dilakukan dengan pendekatan luas area taman.

Berdasarkan Persamaan 3.4 dengan asumsi kerapatan tajuk adalah 100%, maka dapat dihitung laju serapan CO₂ oleh tumbuhan seperti contoh perhitungan berikut ini. Nilai LT (tutupan lahan) diperoleh berdasarkan Tabel 4.2.

Contoh Perhitungan Kec. Sidoarjo:

$$\begin{aligned}\text{Daya Serap RTH Taman} &= LT \times \% \text{ Kerapatan} \times S \\ &= 6,19 \times 10^8 \text{ cm}^2 \times 100\% \times 2,783 \times 10^{-8} \text{ g/cm}^2/\text{detik} \\ &= 17,23 \text{ g CO}_2/\text{detik}\end{aligned}$$

Perhitungan selengkapnya dibantu dengan program MS. Excel. Hasil perhitungan disajikan dalam Tabel 4.4. Dari hasil perhitungan yang ditampilkan pada Tabel 4.4, diperoleh bahwa total daya serap emisi CO₂ oleh RTH Taman Kota di Kabupaten Sidoarjo adalah 50,71 g CO₂/detik. Terdapat sembilan kecamatan yang terdata tidak memiliki taman kota, atau tergolong memiliki taman kota yang tidak terawat. Kesembilan kecamatan tersebut antara lain Krembung, Tulangan, Jabon, Balongbendo, Wonoayu, Tarik, Prambon, Sedati dan Sukodono.

Tabel 4.4 Daya Serap Emisi CO₂ oleh RTH Taman Kota di Kabupaten Sidoarjo

No	Kecamatan	Luas Taman (Ha)	Luas Taman (cm ²)	Laju serap CO ₂ (g/cm ² /detik)	Total Daya Serap (g/detik)
1	Sidoarjo	6,19	619.000.000	$2,783 \times 10^{-8}$	17,23
2	Buduran	1,94	194.000.000	$2,783 \times 10^{-8}$	5,40
3	Candi	0,21	21.000.000	$2,783 \times 10^{-8}$	0,58
4	Porong	1,15	115.000.000	$2,783 \times 10^{-8}$	3,20
5	Krembung	-	-	-	-
6	Tulangan	-	-	-	-
7	Tanggulangin	0,1	10.000.000	$2,783 \times 10^{-8}$	0,28
8	Jabon	-	-	-	-
9	Krian	0,1	10.000.000	$2,783 \times 10^{-8}$	0,28
10	Balongsendo	-	-	-	-
11	Wonoayu	-	-	-	-
12	Tarik	-	-	-	-
13	Prambon	-	-	-	-
14	Taman	4,47	447.000.000	$2,783 \times 10^{-8}$	12,44
15	Waru	0,02	2.000.000	$2,783 \times 10^{-8}$	0,06
16	Gedangan	4,04	404.000.000	$2,783 \times 10^{-8}$	11,24
17	Sedati	-	-	-	-
18	Sukodono	-	-	-	-
Total		18,22	1.822.000.000		50,71

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari sembilan kecamatan yang terdata memiliki taman yang terpelihara, kecamatan dengan Luas area taman tertinggi adalah Kecamatan Sidoarjo, sehingga Kecamatan Sidoarjo memiliki nilai daya serap yang paling tinggi pula, yakni 17,23 g CO₂/detik.

2. Penentuan Daya Serap CO₂ Oleh RTH Jalur Hijau, Pulau Jalan dan Median jalan

Daya serap CO₂ oleh pohon pelindung di jalur hijau, pulau jalan, dan median jalan dihitung sesuai dengan data yang diperoleh dari DKP. Sehingga jalur hijau, pulau jalan, dan median jalan yang diperhitungkan hanyalah yang berada di bawah pemeliharaan Dinas Kebersihan dan Pertamanan (DKP) tersebut.

Dari hasil perhitungan diperoleh bahwa total daya serap emisi CO₂ oleh RTH jalur hijau, pulau jalan, dan median jalan di Kabupaten Sidoarjo adalah 48,46 g CO₂/detik. Berdasarkan Persamaan 3.4 dengan asumsi kerapatan tajuk adalah

100%, maka dapat dihitung laju serapan CO₂ oleh tumbuhan seperti contoh perhitungan berikut ini. Nilai LT (tutupan lahan) diperoleh berdasarkan Tabel 4.2.

Contoh Perhitungan Kec. Sidoarjo:

$$\begin{aligned}\text{Daya Serap RTH Taman} &= LT \times \% \text{ Kerapatan} \times S \\ &= 5,62 \times 10^8 \text{ cm}^2 \times 100\% \times 2,783 \times 10^{-8} \text{ g/cm}^2/\text{detik} \\ &= 15,64 \text{ g CO}_2/\text{detik}\end{aligned}$$

Perhitungan selengkapnya dibantu dengan program MS. Excel. Hasil perhitungan disajikan dalam Tabel 4.5 berikut.

Tabel 4.5 Daya Serap Emisi CO₂ Oleh RTH Luas Jalur Hijau, Pulau dan Median Jalan di Tiap Kecamatan di Kabupaten Sidoarjo

No	Kecamatan	Luas (Ha)	Luas (cm ²)	Daya serap (g CO ₂ /cm ² /detik)	Total Daya Serap (g CO ₂ /detik)
1	Sidoarjo	5,62	562.000.000	2,783 x 10 ⁻⁸	15,64
2	Buduran	5,05	505.000.000	2,783 x 10 ⁻⁸	14,06
3	Candi	0,92	92.000.000	2,783 x 10 ⁻⁸	2,56
4	Porong	-	-	-	-
5	Krembung	-	-	-	-
6	Tulangan	-	-	-	-
7	Tanggulangin	0,61	61.000.000	2,783 x 10 ⁻⁸	1,70
8	Jabon	-	-	-	-
9	Krian	0,02	2.000.000	2,783 x 10 ⁻⁸	0,06
10	Balongsendo	-	-	-	-
11	Wonoayu	-	-	-	-
12	Tarik	-	-	-	-
13	Prambon	-	-	-	-
14	Taman	0,2	20.000.000	2,783 x 10 ⁻⁸	0,56
15	Waru	2,14	214.000.000	2,783 x 10 ⁻⁸	5,96
16	Gedangan	1,53	153.000.000	2,783 x 10 ⁻⁸	4,26
17	Sedati	1,32	132.000.000	2,783 x 10 ⁻⁸	3,67
18	Sukodono	-	-	-	-
Total		17,41	1.741.000.000		48,46

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari hasil perhitungan yang ditampilkan pada Tabel 4.5, diperoleh bahwa total daya serap emisi CO₂ oleh RTH Jalur Hijau, Pulau dan Median Jalan di Kabupaten Sidoarjo adalah 48,46 g CO₂/detik. Terdapat sembilan kecamatan yang terdata tidak memiliki Jalur Hijau, Pulau dan Median Jalan. Kedelapan kecamatan tersebut antara lain Porong, Krembung, Tulangan, Jabon, Balongsendo, Wonoayu, Tarik, Prambon, dan Sukodono. Dari sembilan kecamatan yang terdata, kecamatan

dengan Luas area Jalur Hijau, Pulau dan Median Jalan tertinggi adalah Kecamatan Sidoarjo, sehingga Kecamatan Sidoarjo memiliki nilai daya serap yang paling tinggi pula, yakni 15,64 g CO₂/detik,

3. Penentuan Daya Serap CO₂ Oleh RTH Jalur Hijau Jalan TOL

Sama halnya dengan metode penentuan daya serap CO₂ oleh pohon pelindung di jalur hijau, pulau jalan, dan median jalan, untuk jalur hijau TOL juga dihitung sesuai dengan data yang diperoleh dari DKP serta Dinas Perencanaan Umum Cipta Karya Kabupaten Sidoarjo, Jalur TOL di Kabupaten Sidoarjo hanya melalui enam kecamatan, yakni Kecamatan Taman, Sukodono, Buduran, Sidoarjo, Candi dan Tanggulangin.

Dari hasil perhitungan diperoleh bahwa total daya serap emisi CO₂ oleh RTH jalur hijau jalan TOL di Kabupaten Sidoarjo adalah 48,46 g CO₂/detik, Berdasarkan Persamaan 3.4 dengan asumsi kerapatan tajuk adalah 80%. Diasumsikan pula bahwa RTH Jalur TOL adalah terdiri dari 100% pohon pelindung dengan mengabaikan rumput di bawahnya, maka digunakan faktor laju serap pohon sesuai Tabel 2.8. Nilai LT (tutupan lahan) diperoleh berdasarkan Tabel 4.2. Sehingga dapat dihitung daya serapan CO₂ oleh tumbuhan seperti contoh perhitungan berikut ini,

Contoh Perhitungan Kec. Taman:

$$\begin{aligned}\text{Daya Serap RTH Taman} &= LT \times \% \text{ Kerapatan} \times S \\ &= 4,96 \text{ Ha} \times 80\% \times 18,05 \text{ g CO}_2/\text{Ha}/\text{detik} \\ &= 89,51 \text{ g CO}_2/\text{detik}\end{aligned}$$

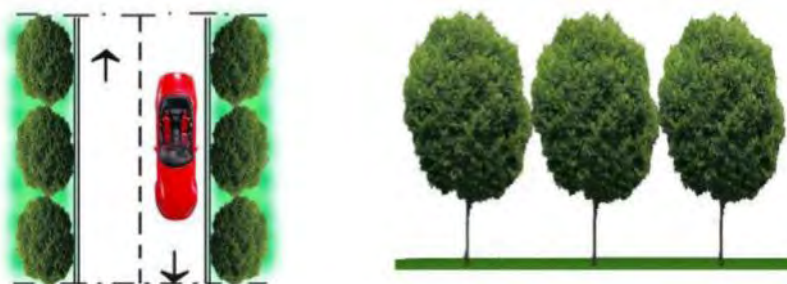
Perhitungan selengkapnya dibantu dengan program MS, Excel, Hasil perhitungan disajikan dalam Tabel 4.6. Berdasarkan Tabel 4.6 diperoleh bahwa total luas RTH Jalur TOL adalah 36,10 Ha dengan total kemampuan serapan 651,64 g CO₂/detik. Digunakan asumsi kerapatan tajuk 80% dengan alasan berdasarkan hasil pengamatan visual bahwa pohon pelindung yang ditanam dengan jarak ± 4,5 meter antar pohon memiliki kategori berdaun lebat.

Tabel 4.6 Daya Serap Emisi CO₂ Oleh RTH Jalur Hijau Jalan TOL di Tiap Kecamatan di Kabupaten Sidoarjo

No	Kecamatan	Luas RTH (Ha)	Kerapatan	Luas Efektif (Ha)	Daya serap (g CO ₂ /Ha/detik)	Total Daya Serap (g CO ₂ /detik)
1	Taman	6,20	80%	4,96	18,05	89,51
2	Sukodono	10,99	80%	8,79	18,05	158,73
3	Buduran	10,99	80%	8,79	18,05	158,73
4	Sidoarjo	2,07	80%	1,65	18,05	29,84
5	Candi	6,61	80%	5,29	18,05	95,48
6	Tanggulangun	8,27	80%	6,61	18,05	119,35
Total				36,10		651,64

Sumber: Hasil Perhitungan

Pola penanaman di jalur hijau TOL Sidoarjo mengikuti pola jarak titik tanam pohon tidak rapat (Gambar 4.2).



Gambar 4.2 Pola penanaman Pohon Tidak Rapat di Jalur TOL Sidoarjo
(sumber: Permen PU No05/PRT/M/2012)

Dengan pola penanaman seperti Gambar 4.2 dan kategori pohon berdaun lebat sehingga diasumsikan mampu menutupi hampir seluruh area hijau di tepi jalan TOL, oleh karen itu digunakan asumsi kerapatan tajuk mencapai 80%. Jalur TOL terpanjang dengan Luas RTH terbesar ada di Kecamatan Sukodono dan Buduran, masing-masing memiliki luasan RTH yang sama yakni 10,99 Ha dengan total kemampuan serapan adalah 158,73 g CO₂/detik.

4. Penentuan Daya Serap CO₂ oleh RTH Sawah, Lapangan dan Tambak

Penentuan daya serap CO₂ oleh RTH sawah menggunakan pendekatan faktor daya serap sawah sesuai Tabel 2.8. Dari hasil perhitungan diperoleh bahwa total daya serap emisi CO₂ oleh RTH sawah adalah 9240,10 g/detik. Nilai LT (tutupan

lahan) diperoleh berdasarkan Tabel 4.2. Berdasarkan Persamaan 3.4 dengan asumsi kerapatan tajuk adalah 100%, maka dapat dihitung laju serapan CO₂ oleh sawah seperti contoh perhitungan berikut ini,

Contoh Perhitungan Kec. Sidoarjo:

$$\begin{aligned}\text{Daya Serap RTH Taman} &= LT \times \% \text{ Kerapatan} \times S \\ &= 310 \text{ Ha} \times 100\% \times 0,382 \text{ g CO}_2/\text{Ha/detik} \\ &= 118,42 \text{ g CO}_2/\text{detik}\end{aligned}$$

Perhitungan selengkapnya dibantu dengan program MS, Excel, Hasil perhitungan disajikan dalam Tabel 4.7 berikut.

Tabel 4.7 Daya Serap Emisi CO₂ Oleh RTH Sawah di Tiap Kecamatan di Kabupaten Sidoarjo

Kecamatan	Luas Lahan Sawah (Ha)	Daya Serap Sawah (g CO ₂ /Ha/detik)	Total Daya Serap (g CO ₂ /detik)
Sidoarjo	310,00	0,382	118,42
Buduran	639,50	0,382	244,29
Candi	1036,50	0,382	395,94
Porong	1007,51	0,382	384,87
Krembung	1856,80	0,382	709,30
Tulangan	1868,61	0,382	713,81
Tanggulangin	1416,10	0,382	540,95
Jabon	1564,00	0,382	597,45
Krian	1738,88	0,382	664,25
Balongbendo	2243,00	0,382	856,83
Wonoayu	2106,00	0,382	804,49
Tarik	2112,00	0,382	806,78
Prambon	2072,97	0,382	791,87
Taman	736,00	0,382	281,15
Waru	571,09	0,382	218,16
Gedangan	675,70	0,382	258,12
Sedati	458,00	0,382	174,96
Sukodono	1776,08	0,382	678,46
Total	24188,74		9240,10

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil estimasi luas dan daya serap emisi CO₂ oleh RTH sawah pada Tabel 4.7, wilayah dengan luas sawah tertinggi adalah Kecamatan

Balongsendo seluas 2.243 Ha dengan total daya serap 856,83 g CO₂/detik. Hal ini sesuai dengan ketentuan sistem perwilayahan Kabupaten Sidoarjo yang menempatkan Kecamatan Balongsendo, Wonoayu, Tarik, prambon dan Krian kedalam Sub Sistem Pengembangan Wilayah (SSWP) IV (pembagian SSWP dapat dilihat pada Lampiran 2) dengan fokus pengembangan wilayah sebagai kawasan konservasi pertanian teknis, industri non kawasan, peternakan, yang ditunjang dengan permukiman kepadatan rendah.

RTH Lapangan

Hasil perhitungan untuk mengetahui total daya serap RTH Lapangan terhadap emisi CO₂ disajikan pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Daya Serap Emisi CO₂ Oleh RTH Lapangan di Tiap Kecamatan di Kabupaten Sidoarjo

Kecamatan	Luas Lapangan (Ha)	Daya Serap (g CO ₂ /Ha/detik)	Total Daya Serap (g CO ₂ /detik)
Sidoarjo	105.400	0,381	40.111
Buduran	29.200	0,381	11.112
Candi	20.100	0,381	7.649
Porong	-	-	-
Krembung	-	-	-
Tulangan	-	-	-
Tanggulangin	19.200	0,381	7.307
Jabon	-	-	-
Krian	73.500	0,381	27.971
Balongsendo	-	-	-
Wonoayu	-	-	-
Tarik	-	-	-
Prambon	-	-	-
Taman	23.600	0,381	8.981
Waru	18.400	0,381	7.002
Gedangan	9.400	0,381	3.577
Sedati	-	-	-
Sukodono	-	-	-
Total	298.800	-	113.710

Sumber: Hasil Perhitungan

Diasumsikan tutupan lahan area lapangan adalah padang rumput dan untuk tambak adalah didominasi oleh semak belukar. Penentuan daya serap CO₂ oleh RTH Lapangan dan Tambak menggunakan pendekatan faktor daya serap padang rumput dan semak belukar sesuai Tabel 2.8.

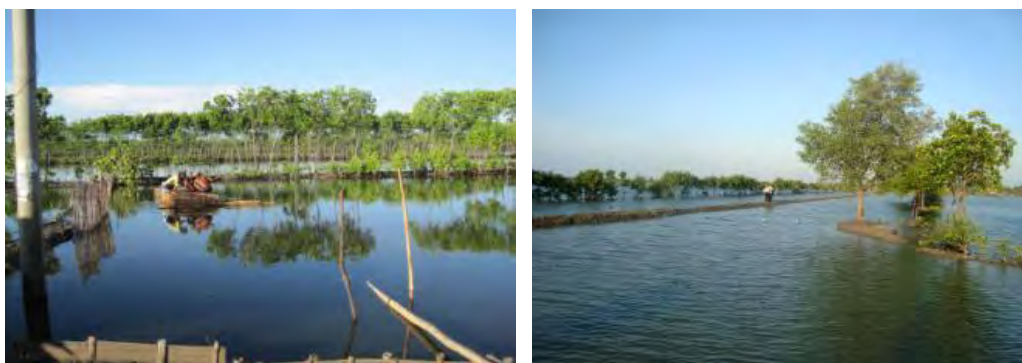
Dari hasil perhitungan diperoleh bahwa total daya serap emisi CO₂ oleh RTH Lapangan adalah 113.710 g CO₂/detik dan tambak adalah 10.101,14 g CO₂/detik, Nilai LT (tutupan lahan) diperoleh berdasarkan Tabel 4.2. Berdasarkan Persamaan 3.4 dengan asumsi kerapatan tajuk adalah 100%, maka dapat dihitung laju serapan CO₂ oleh Lapangan seperti contoh perhitungan berikut ini,

Contoh Perhitungan Kec. Sidoarjo:

$$\begin{aligned}\text{Daya Serap RTH Taman} &= LT \times \% \text{ Kerapatan} \times S \\ &= 105.400 \text{ Ha} \times 100\% \times 0,381 \text{ g CO}_2/\text{Ha}/\text{detik} \\ &= 40.111,00 \text{ g CO}_2/\text{detik}\end{aligned}$$

RTH Tambak

Dalam menentukan daya serap emisi CO₂ oleh RTH tambak digunakan asumsi kerapatan adalah 50%. Asumsi tersebut diperoleh dari pengamatan bahwa semak belukar hanya terdapat pada sebagian wilayah tambak, yakni pada pematang (Gambar 4.3). Di Kabupaten Sidoarjo hanya tiga kecamatan yang terdata memiliki area tambak yakni Kecamatan Sedati, Sidoarjo dan Jabon.



Gambar 4.3 Kondisi Eksisting Vegetasi RTH Tambak

Seperti telah dijabarkan sebelumnya, bahwa diasumsikan tutupan vegetasi di tambak adalah semak belukar maka berdasarkan Persamaan 3.4 dengan asumsi

kerapatan vegetasi semak belukar adalah 50%. Maka dapat dihitung Daya serapan CO₂ oleh tambak seperti contoh perhitungan berikut ini. Nilai LT (tutupan lahan) diperoleh berdasarkan Tabel 4.2.

Contoh Perhitungan Kec. Sedati:

$$\begin{aligned}\text{Daya Serap RTH Tambak} &= LT \times \% \text{ Kerapatan} \times S \\ &= 3610,34 \text{ Ha} \times 100\% \times 1,74 \text{ g CO}_2/\text{Ha}/\text{detik} \\ &= 6.282,00 \text{ g CO}_2/\text{detik}\end{aligned}$$

Perhitungan selengkapnya dibantu dengan program MS, Excel, Hasil perhitungan disajikan dalam Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Daya Serap Emisi CO₂ Oleh RTH Tambak di Wilayah Kabupaten Sidoarjo

Kecamatan	Luas (Ha)	Kerapatan	Luas efektif (Ha)	Daya Serap (g CO ₂ /Ha/detik)	Total Daya Serap (g CO ₂ /detik)
Sedati	7220,69	50%	3610,34	1,74	6.282,00
Sidoarjo	3655,95	50%	1827,98	1,74	3.180,68
Jabon	733,87	50%	366,94	1,74	638,47
Total					10.101,14

Sumber: Hasil Perhitungan

5. Penentuan Daya Serap CO₂ oleh RTH Pemakaman

Daya serap CO₂ oleh pohon pelindung di RTH Pemakaman dihitung sesuai dengan data yang diperoleh dari Dinas Kebersihan dan Pertamanan serta Dinas Perencanaan Umum Cipta Karya Kabupaten Sidoarjo. Perhitungan dilakukan dengan pendekatan luas area. Berdasarkan Persamaan 3.4 dengan asumsi kerapatan tajuk adalah 80%, maka dapat dihitung laju serapan CO₂ oleh RTH pemakaman seperti contoh perhitungan berikut ini,

Contoh Perhitungan Kec. Sidoarjo:

$$\begin{aligned}\text{Daya Serap RTH Taman} &= LT \times \% \text{ Kerapatan} \times S \\ &= 5,62 \times 10^8 \text{ cm}^2 \times 100\% \times 2,783 \times 10^{-8} \text{ g/cm}^2/\text{detik} \\ &= 15,64 \text{ g CO}_2/\text{detik}\end{aligned}$$

Perhitungan selengkapnya dibantu dengan program MS. Excel, Hasil perhitungan disajikan dalam Tabel 4.10 berikut.

Tabel 4.10 Daya Serap Emisi CO₂ Oleh RTH Pemakaman di Tiap Kecamatan di Kabupaten Sidoarjo

Kecamatan	Luas Lahan Pemakaman (Ha)	Kerapatan	Luas Tutupan Efektif (Ha)	Daya Serap (g CO ₂ /cm ² /detik)	Total Daya Serap (g CO ₂ /detik)
Sidoarjo	516.592	80%	413.273	2,783 x 10 ⁻⁸	1.150.309
Buduran	51.000	80%	40.800	2,783 x 10 ⁻⁸	113.563
Candi	37.400	80%	29.920	2,783 x 10 ⁻⁸	83.280
Porong	-	-	-	-	-
Krembung	-	-	-	-	-
Tulangan	-	-	-	-	-
Tanggulangin	15.600	80%	12.480	2,783 x 10 ⁻⁸	34.737
Jabon	-	80%	-	-	-
Krian	68.200	80%	54.560	2,783 x 10 ⁻⁸	151.863
Balongsendo	-	-	-	-	-
Wonoayu	-	-	-	-	-
Tarik	-	-	-	-	-
Prambon	-	-	-	-	-
Taman	23.108	80%	18.487	2,783 x 10 ⁻⁸	51.456
Waru	107.382	80%	85.905	2,783 x 10 ⁻⁸	239.110
Gedangan	25.240	80%	20.192	2,783 x 10 ⁻⁸	56.203
Sedati	-	-	-	-	-
Sukodono	327.759	80%	262.207	2,783 x 10 ⁻⁸	729.831
Total					2.610.350

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari hasil perhitungan diperoleh bahwa total daya serap emisi CO₂ oleh RTH pemakaman di Kabupaten Sidoarjo adalah 2.610.350 g CO₂/detik. Terdapat sembilan kecamatan yang tidak tercatat memiliki pemakaman, sehingga nilainya dapat diabaikan dalam perhitungan. Sembilan kecamatan tersebut adalah Kecamatan Porong, Krembung, Sedati, Traik, Prambon, Balongsendo, Wonoayu dan Tulangan. Kecamatan dengan daya serap RTH Pemakaman yang terbesar adalah Kecamatan Sidoarjo, 1.150.309 g CO₂/detik.

6. Penentuan Daya Serap Mangrove

Di Kabupaten Sidoarjo hanya terdapat empat kecamatan yang memiliki area mangrove yakni Kecamatan Sedati, Buduran, Sidoarjo, dan Jabon. Oleh karena itu,

penentuan daya serap RTH mangrove dilakukan pada empat kecamatan yang memiliki tutupan lahan mangrove saja. Perhitungan penentuan daya serap CO₂ oleh RTH mangrove menggunakan faktor daya serap RTH rata-rata $2,783 \times 10^{-8}$ g CO₂/cm²/detik, dengan asumsi kerapatan vegetasi 90% maka diperoleh total kemampuan serapan CO₂ oleh RTH mangrove adalah 2.619,63 g CO₂/detik.

Berdasarkan Persamaan 3.4 dengan asumsi kerapatan tajuk adalah 90%, maka dapat dihitung laju serapan CO₂ oleh RTH mangrove seperti contoh perhitungan berikut ini.

Contoh Perhitungan Kec, Sedati:

$$\begin{aligned} \text{Daya Serap RTH Taman} &= LT \times \% \text{ Kerapatan} \times S \\ &= 57,24 \times 10^{-9} \text{ cm}^2 \times 90\% \times 2,783 \times 10^{-8} \text{ g/cm}^2/\text{detik} \\ &= 1.593,07 \text{ g/detik} \end{aligned}$$

Perhitungan selengkapnya dibantu dengan program MS. Excel. Hasil perhitungan disajikan dalam Tabel 4.11 berikut.

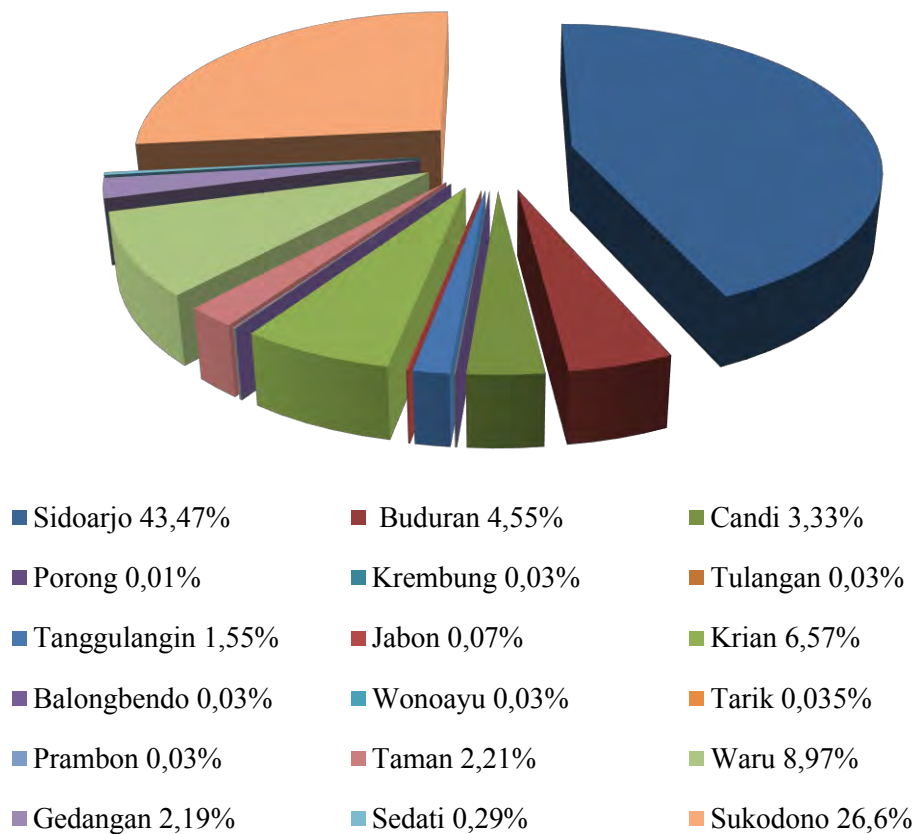
Tabel 4.11 Daya Serap Emisi CO₂ Oleh RTH Mangrove di Kabupaten Sidoarjo

Kecamatan	Luas (Ha)	Kerapatan	Luas Efektif (Ha)	Luas efektif (cm ²)	Kemampuan serapan (g CO ₂ /cm ² /detik)	Total Kemampuan serapan (g CO ₂ /detik)
Sedati	635,94	90%	572,35	$57,24 \times 10^{-9}$	$2,783 \times 10^{-8}$	1.593,07
Buduran	30,84	90%	27,76	$2,776 \times 10^{-9}$	$2,783 \times 10^{-8}$	77,26
Kec. Sidoarjo	64,74	90%	58,27	$5,827 \times 10^{-9}$	$2,783 \times 10^{-8}$	162,18
Kec. Jabon	314,21	90%	282,79	$28,29 \times 10^{-9}$	$2,783 \times 10^{-8}$	787,12
Jumlah						2.619,63

Sumber: Hasil Perhitungan

Setelah melakukan inventarisasi dan penentuan estimasi kemampuan serapan emisi CO₂ oleh RTH Publik maka dapat diketahui total kemampuan serapan emisi CO₂ oleh RTH Publik adalah sebesar 2.746.669,7 g CO₂/detik. Gambar 4.4 merupakan rangkuman dari hasil perhitungan kemampuan serapan emisi CO₂ oleh

RTH publik di atas. Inventarisasi kemampuan serapan RTH publik dapat dilihat pada Lampiran 3.



Gambar 4.4 Persentase Daya Serap CO₂ Oleh RTH Publik Perkecamatan Di Kabupaten Sidoarjo

Gambar 4.4 menunjukkan grafik persentase kemampuan serapan CO₂ oleh RTH Publik di masing-masing kecamatan di Kabupaten Sidoarjo. Dari grafik tersebut diketahui bahwa kemampuan serapan tertinggi sebesar 43,47%, yakni senilai dengan 101.811 g CO₂/detik adalah di Kecamatan Sidoarjo. Hal ini dikarenakan Kecamatan Sidoarjo merupakan pusat pemerintahan di Kabupaten Sidoarjo. Sehingga unsur penataan kota sangat diperhatikan. Oleh karena itu, penataan terhadap RTH Publik pun semakin baik. Bukan hanya dari segi luasan area namun juga dari sisi estetika. Hal tersebut menjadikan Kecamatan Sidoarjo memiliki seluruh kategori jenis RTH Publik. Sehingga luas total RTH Publik yang dimiliki oleh Kecamatan Sidoarjo juga akan semakin besar pula. Terbesar kedua adalah 11%, 88.305 g/detik di Kecamatan Sukodono.

4.1.1.2 Ruang Terbuka Hijau Privat

Pengumpulan data tentang jumlah dan RTH privat dilakukan berdasarkan data tercatat pada data Dinas Pekerjaan Umum Cipta Karya. Dikarenakan Kabupaten Sidoarjo tidak memiliki data yang lengkap mengenai jumlah rumah berdasarkan kategori jenis rumah mewah, sedang dan sederhana, maka inventarisasi dilakukan berdasarkan status wilayah desa dan kota. Dengan mengetahui jumlah kepala keluarga di masing-masing status wilayah maka dapat diketahui rata-rata tutupan lahan pekarangan yang dimiliki. Untuk mendapatkan rata-rata tersebut diperlukan data dari survei lapangan.

Sumber data inventarisasi RTH Privat adalah hasil survey. Sebelum melakukan perhitungan luas rata-rata tutupan vegetasi untuk RTH Privat diperlukan tahap penentuan jumlah sampel.

1. Penentuan Sampel Ruang Terbuka Hijau Privat

Perhitungan statistik untuk menentukan jumlah sampel RTH privat yang disurvei dilakukan guna mempermudah dalam melakukan penentuan luasan RTH Privat dan menentukan daya serap CO₂ oleh seluruh RTH privat eksisting yang ada di Kabupaten Sidoarjo, sehingga tidak perlu melakukan sensus terhadap seluruh RTH Privat di Kabupaten Sidoarjo. Penentuan jumlah dan sebaran sampel dilakukan dengan metode *stratified random sampling* yang didasarkan pada klasifikasi rumah. Di Kabupaten Sidoarjo belum terdapat data pengklasifikasian rumah berdasarkan luasannya, sehingga proses penentuan jumlah sampel berdasarkan pada status wilayah desa dan kota. Pembagian jumlah kepala keluarga berdasarkan status wilayah desa dan kota di Kabupaten Sidoarjo dapat dilihat pada Tabel 2.3 pada Bab 2.

Menghitung sampel yang akan diambil menggunakan rumus yang dapat dilihat pada Persamaan 3.2 di Bab 3. Diasumsikan setiap kepala keluarga menempati satu rumah, sehingga jumlah bangunan rumah yang ada sebanyak 515.457 rumah. Sesuai Persamaan 3.2 dengan derajat kesalahan atau batas error yang digunakan sebesar 10 %, nilai standar error sebesar 95% serta penduga proporsi sebesar 0,5 untuk menentukan jumlah titik sampling total (jumlah rumah) dapat dilihat pada perhitungan berikut ini.

$$n = \frac{(1,6)^2 \times 515457 \times 0,5 \times (1 - 0,5)}{(515457 - 1) \times 0,1^2 + 1,64^2 \times 0,5 \times (1 - 0,5)}$$

$$= 67,23 \approx 67 \text{ RTH rumah sampel}$$

Penentuan jumlah sampel ini menggunakan batas error 10%, yang artinya jumlah sampel ini dapat diyakini 90% dapat menggambarkan kondisi yang sesungguhnya. Pengambilan sampel juga digolongkan berdasarkan status wilayah desa dan kota, untuk menentukan jumlah sampel dalam satu kecamatan digunakan perhitungan sesuai dengan Persamaan 3.1 di Bab 3. Untuk penentuan jumlah sampel status wilayah pedesaan dapat dilihat pada perhitungan berikut.

Contoh perhitungan jumlah sampel wilayah pedesaan:

$$n_i = 67 \left(\frac{43091}{515457} \right)$$

$$= 5,62 \approx 6 \text{ sampel}$$

Hasil perhitungan penentuan jumlah sampel yang harus diambil untuk dapat menentukan luas dan daya serap RTH Privat dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Jumlah Sampel

Status Wilayah	Jumlah Rumah Tangga	Jumlah Sampel Total	Jumlah Sampel
Pedesaan	43.091	68	6
Perkotaan	472.366		62
Jumlah	515.457	68	68

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 4.12, diketahui bahwa dengan pembulatan dibutuhkan total 68 sampel untuk satu Kabupaten Sidoarjo yang dibagi menjadi dua wilayah perkotaan dan pedesaan. Dibutuhkan 6 sampel untuk wilayah pedesaan dan 62 perkotaan. Setelah ditentukan RTH yang terpilih sebagai sampel kemudian disurvei jenis, jumlah, dan diameter tajuk pohon pelindung yang ada pada RTH.

2. Penentuan Luas Tutupan Vegetasi RTH Privat

Luas Ruang Terbuka Hijau (RTH) privat permukiman yang dihitung adalah luas tutupan vegetasi berupa pohon dan perdu yang terdapat di permukiman penduduk wilayah studi. Luas tutupan vegetasi merupakan luas total dari luasan tajuk pohon, perdu dan rumput. Data yang digunakan untuk menghitung luasan tajuk pohon dan perdu merupakan data primer melalui survei di lapangan. Dalam memperoleh luas tutupan vegetasi di Kabupaten Sidoarjo terdiri dari beberapa tahap perhitungan berikut ini:

1. Luas Tutupan Vegetasi Tiap Responden

a. Menghitung Luasan Tajuk Pohon dan Perdu

Contoh perhitungan:

Data yang digunakan adalah data Responden No.1 Kecamatan Tanggulangin, data dapat dilihat pada Tabel 4.13,

Tabel 4.13 Data Responden No. 1

No. Responden	Jenis Pohon	Diameter Pohon (m)		Kerapatan
		r ₁	r ₂	
1	P. Palem	1,25	1,23	80%
	P. Pisang	1,80	0,80	80%
	P. Mangga	2,27	2,25	90%

Sumber: Hasil Pengamatan, 2014

Untuk menghitung luasan tajuk (LT) pohon tersebut digunakan Formula Mangold (1997) dalam Hidayah (2011) dikalikan juga dengan kerapatan dari tajuk pohon yang terdapat dalam Persamaan 3.3,

Contoh Perhitungan P. Palem:

$$\begin{aligned} LT &= \pi \left(\frac{r_1 + r_2}{2} \right)^2 \times \text{Kerapatan Tajuk} \\ &= 3,14 \times \left(\frac{1,25 + 1,23}{2} \right)^2 \times 80\% \\ &= 0,97 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Untuk menghitung luas tajuk pohon yang lain dan perdu dilakukan dengan cara yang sama.

b. Menghitung Luas Total Tutupan Vegetasi Responden

- LT Pohon (total) = 5,64 m²
- LT Perdu = 2,22 m²
- L Tutupan Vegetasi = LT Pohon + LT Perdu
= 5,64 m² + 2,22 m²
= 7,86 m²

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut diperoleh luas tutupan vegetasi untuk responden no 1 adalah 7,86 m². Untuk luas tutupan vegetasi responden lainnya dilakukan seperti contoh perhitungan di atas.

2. *Luas Total Tutupan Vegetasi (LT) Tiap Status Wilayah*

Setelah menghitung luas tutupan vegetasi tiap responden dapat dihitung luas tutupan vegetasi seluruh responden berdasarkan status wilayah. Luas tutupan vegetasi untuk tiap status wilayah adalah jumlah total dari luas tutupan vegetasi seluruh responden yang diklasifikasi berdasarkan 2 status wilayah pedesaan dan perkotaan.

Contoh Perhitungan Rata-Rata LT Rumah di wilayah Pedesaan:

- LT Total Pedesaan = 43,09 m²
- Jumlah Responden = 6 rumah
- LT rata-rata = LT Total : Jumlah Responden
= 7,20 m²

Tabel 4.14 menunjukkan hasil perhitungan luas tutupan vegetasi berdasarkan Status Wilayah Pedesaan dan Perkotaan di Kabupaten Sidoarjo.

Tabel 4.14 Rata-Rata Luas Tutupan (LT) Vegetasi Berdasarkan Status Wilayah Pedesaan dan Perkotaan Kabupaten Sidoarjo

Status Wilayah	Rata-Rata Luas Tutupan Lahan (LT) Tiap Rumah (m ²)
Perkotaan	5,57
Pedesaan	7,20

Sumber: Hasil Perhitungan

Rata-rata tutupan lahan tiap status wilayah kemudian dikalikan dengan jumlah kepala keluarga masing-masing status wilayah. Maka akan diperoleh estimasi luas total RTH Privat masing-masing kecamatan di Kabupaten Sidoarjo.

Contoh Perhitungan Kec. Sidoarjo:

1. Wilayah Perkotaan

$$\begin{aligned}\text{Tutupan Lahan Perkotaan} &= \text{LT rata - rata} \times \text{Jumlah Rumah Perkotaan} \\ &= 5,57 \text{ m}^2 \times 50.528 \text{ rumah} \\ &= 49.829,15 \text{ m}^2\end{aligned}$$

2. Wilayah Pedesaan

$$\begin{aligned}\text{Tutupan Lahan Pedesaan} &= \text{LT rata - rata} \times \text{Jumlah Rumah Pedesaan} \\ &= 7,20 \text{ m}^2 \times 0 \text{ rumah} \\ &= 0 \text{ m}^2\end{aligned}$$

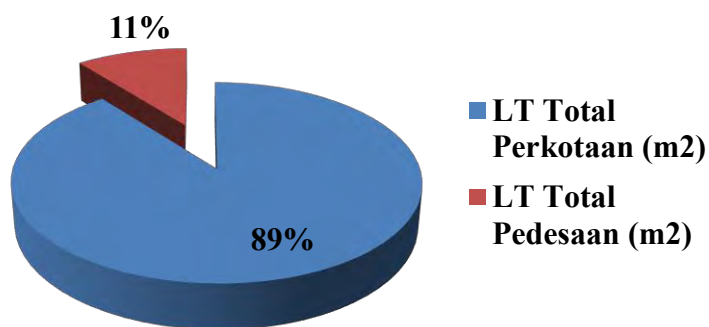
Hasil perhitungan untuk mengetahui luas total RTH privat di Kabupaten Sidoarjo selengkapnya disajikan dalam Tabel 4.15.

Tabel 4.15 Luas Total RTH Privat

No.	Kecamatan	LT Total Perkotaan (m ²)	LT Total Pedesaan (m ²)	Total LT RTH Privat (m ²)	Total LT RTH Privat (Ha)
1	Tarik	49.829,15	52.623,14	102.452,29	10,25
2	Prambon	77.540,45	30.588,50	108.128,96	10,81
3	Krembung	67.372,04	18.967,89	86.339,92	8,63
4	Porong	69.230,96	25.194,76	94.425,71	9,44
5	Jabon	43.523,28	33.798,89	77.322,18	7,73
6	Tanggulangin	105.062,53	12.504,01	117.566,54	11,76
7	Candi	199.650,53	12.267,00	211.917,53	21,19
8	Tulangan	120.724,23	6.291,51	127.015,74	12,70
9	Wonoayu	87.502,94	17.272,92	104.775,86	10,48
10	Sukodono	149.960,52	12.647,65	162.608,17	16,26
11	Sidoarjo	281.220,50	-	281.220,50	28,12
12	Buduran	122.777,95	24.979,29	147.757,24	14,78
13	Sedati	127.453,09	14.055,34	141.508,43	14,15
14	Waru	361.382,37	4.215,88	365.598,26	36,56
15	Gedangan	218.384,46	-	218.384,46	21,84
16	Taman	317.079,90	-	317.079,90	31,71
17	Krian	153.772,98	20.332,48	174.105,47	17,41
18	Balong Bendo	76.744,57	23.743,97	100.488,54	10,05
Jumlah				2.938.695,71	293,87

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan Gambar 4.5 diketahui bahwa wilayah perkotaan memiliki persentase terbesar. Meskipun rata-rata tutupan lahan perkotaan (Tabel 4.5) lebih kecil apabila di bandingkan dengan wilayah pedesaan, namun wilayah perkotaan tetap memiliki persentase tutupan vegetasi total terbesar. Hal tersebut dikarenakan jumlah rumah di wilayah perkotaan lebih banyak bila dibandingkan wilayah pedesaan (Tabel 4.15).



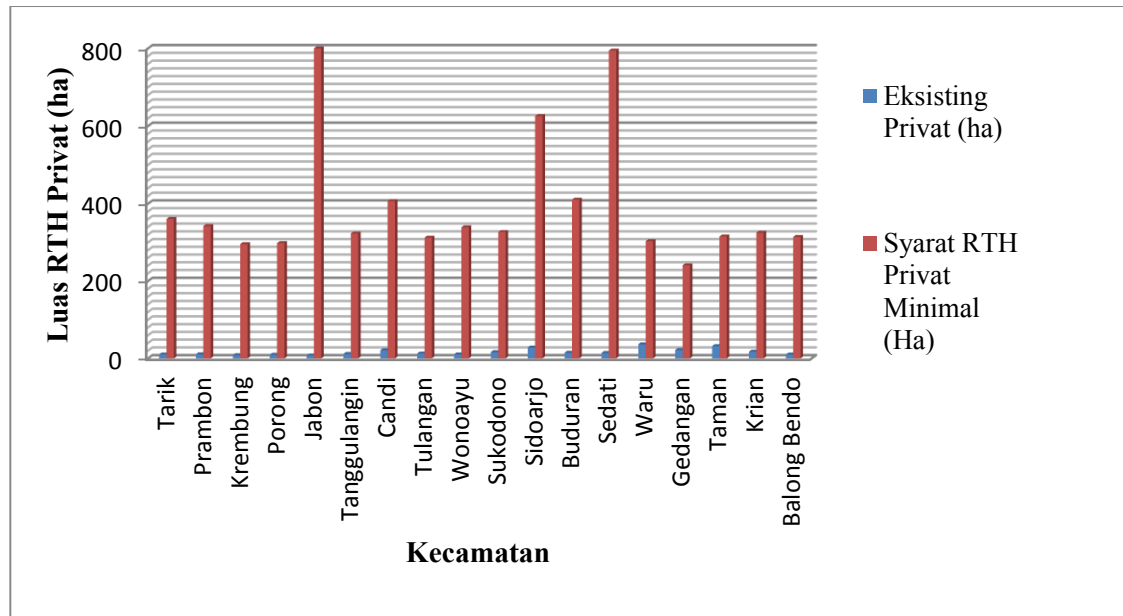
Gambar 4.5 Persentase Rata-Rata Luas Tutupan Vegetasi Per Satatus Wilayah

Menurut hasil survei di lapangan, wilayah perkotaan sesuai dengan fungsi pengembangannya, merupakan wilayah yang sedang mengalami pembangunan pesat. Khususnya pembangunan sektor permukiman dan fasilitas umum penunjangnya. Sedangkan wilayah pedesaan merupakan wilayah dengan jumlah rumah sedikit dengan luas taman yang cukup signifikan. Hal tersebut cukup membuktikan kepedulian masyarakat desa untuk memanfaatkan lahan terbukanya sebagai tempat tumbuh vegetasi, bukan dengan memaksimalkan lahan terbuka mereka menjadi lahan terbangun yang secara ekonomi lebih menguntungkan.

Apabila di tilik dari pemenuhan terhadap Peraturan Menteri Pekerjaan Umum tahun 2008 tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan RTH di Wilayah Perkotaan, maka luasan RTH Privat di Kabupaten Sidoarjo belum memenuhi batas minimal 10% dari luas total wilayah. Gambar 4.6 memberikan ilustrasi perbandingan antara luas RTH Privat eksisting dengan batas luas minimal yang seharusnya dipenuhi.

Dari Gambar 4.5 dapat dilihat bahwa seluruh kecamatan di Kabupaten Sidoarjo belum memenuhi batas minimum luas RTH Privat yang harus dipenuhi. Berdasarkan hasil survey, hal ini terjadi dikarenakan kebanyakan bangunan rumah,

khususnya di perkotaan tidak didesain lengkap dengan ruang terbuka yang memadai. Selain itu keterbatasan lahan terbuka yang justru dimanfaatkan oleh pihak developer secara maksimal sebagai lahan terbangun tanpa menyisakan lahan terbuka menjadikan pola penataan perumahan saat ini miskin ruang terbuka hijau. Tidak ada lagi jarak antara bangunan rumah satu dengan yang lain.



Gambar 4.6 Luas RTH Privat Eksisting dan Syarat Luas Minimal Sesuai Peraturan

Kepedulian masyarakat di perkotaan akan adanya ruang terbuka hijau juga sangat kurang. Hal ini dibuktikan dengan efisiensi penggunaan tanah terbuka menjadi bangunan di masing-masing rumah. Seperti perluasan ruang tamu, atau pembangunan garasi tertutup untuk kendaraan. Tidak ada lagi sisa untuk halaman terbuka. Beberapa faktor tersebut menjadikan luasan RTH Privat masih jauh dari persyaratan minimalnya. Belum terpenuhinya luasan RTH Privat ini membutuhkan perhatian dan kepedulian masyarakat agar dapat mencapai luasan minimumnya. Karena sumber emisi CO₂ dari sektor pemukiman, yakni dari aktifitas penggunaan Bahan Bakar Minyak (BBM) dan Bahan Bakar Gas (BBG) dalam kehidupan sehari-hari merupakan kontributor pemanasan global akibat emisi CO₂ yang terlepas tanpa ada barrier dan penangkap berupa vegetasi hijau.

3. Perhitungan Daya Serap CO₂

Daya serapan CO₂ dapat dihitung dengan mengetahui luas tutupan vegetasi yang telah dihitung sebelumnya (Tabel 4.6).

Contoh perhitungan:

Menghitung laju serapan tutupan vegetasi status wilayah perkotaan, di Kabupaten Sidoarjo

- Laju serapan CO₂ = 0,000000027834 g/cm²/detik
- Luas tutupan vegetasi rata-rata = 5,57 m² = 55.700 cm²
- Kemampuan serapan CO₂
 - = Laju serapan CO₂ x Luas tutupan vegetasi rata-rata
 - = 0,000000027834 g/ cm²/detik x 55.700 cm²
 - = 0,00155 g/detik,

Besarnya kemampuan tersebut bergantung pada besar luasan tutupan vegetasi eksisting. Hasil perhitungan kemampuan serapan CO₂ tiap status wilayah dapat dilihat dalam Tabel 4.16.

Tabel 4.16 Kemampuan Serapan Rata-Rata CO₂

Status Wilayah	Kemampuan Serapan CO ₂ (g/detik)
Perkotaan	0,00155
Pedesaan	0,00199

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan Tabel 4.16 diketahui kemampuan serapan wilayah pedesaan lebih besar dibandingkan dengan wilayah perkotaan. Setelah diketahui kemampuan serapan masing-masing status wilayah perkotaan dan pedesaan di Kabupaten Sidoarjo, maka dapat diketahui kemampuan serapan di setiap kecamatan dengan menjadikan kemampuan serapan CO₂ pada Tabel 4.16 sebagai salah satu faktor pengali.

Tabel 4.17 memberikan informasi mengenai kemampuan serapan emisi CO₂ oleh RTH Privat Per-Kecamatan di Kabupaten Sidoarjo. Dalam Tabel 4.17 terdapat informasi mengenai kemampuan serapan di wilayah perkotaan dan wilayah pedesaan. Sehingga diketahui kemampuan serapan total oleh RTH Privat di Kabupaten Sidoarjo.

Hasil perhitungan kemampuan serapan CO₂ RTH Privat tiap kecamatan di Kabupaten Sidoarjo dapat dilihat dalam Tabel 4.17.

Tabel 4.17 Kemampuan Serapan CO₂ Oleh RTH Privat Per Kecamatan Di Kabupaten Sidoarjo

Kecamatan	Kemampuan Serapan Perkotaan (g CO ₂ /detik)	Kemampuan Serapan Pedesaan (g CO ₂ /detik)	Kemampuan Serapan Total (g CO ₂ /detik)
Tarik	13,87	14,58	28,45
Prambon	21,59	8,47	30,07
Krembung	18,76	5,25	24,01
Porong	19,28	6,98	26,26
Jabon	12,12	9,36	21,48
Tanggulangun	29,25	3,46	32,72
Candi	55,60	3,39	59,00
Tulangan	33,62	1,74	35,36
Wonoayu	24,36	4,78	29,15
Sukodono	41,76	3,50	45,26
Sidoarjo	78,31	0	78,31
Buduran	34,19	6,92	41,11
Sedati	35,49	3,89	39,38
Waru	100,64	1,16	101,81
Gedangan	60,81	0	60,81
Taman	88,30	0	88,30
Krian	42,82	5,63	48,45
Balong Bendo	21,37	6,57	27,95
Jumlah			817,97

Sumber: Hasil Perhitungan

Contoh perhitungan:

Menghitung laju serapan tutupan vegetasi Kecamatan Sidoarjo

- Kemampuan serapan CO₂ Perkotaan = 0,00155 g CO₂/detik
- Kemampuan Serapan CO₂ Pedesaan = 0,00199 g CO₂/detik
- Jumlah Rumah Pedesaan = 7.327 rumah
- Jumlah Rumah Perkotaan = 8.953 rumah
- Kemampuan Serapan Pedesaan
 - = Kemampuan serapan pedesaan x jumlah rumah pedesaan
 - = 0,00199 g CO₂/detik x 7.327 rumah
 - = 14,58 g CO₂/detik,

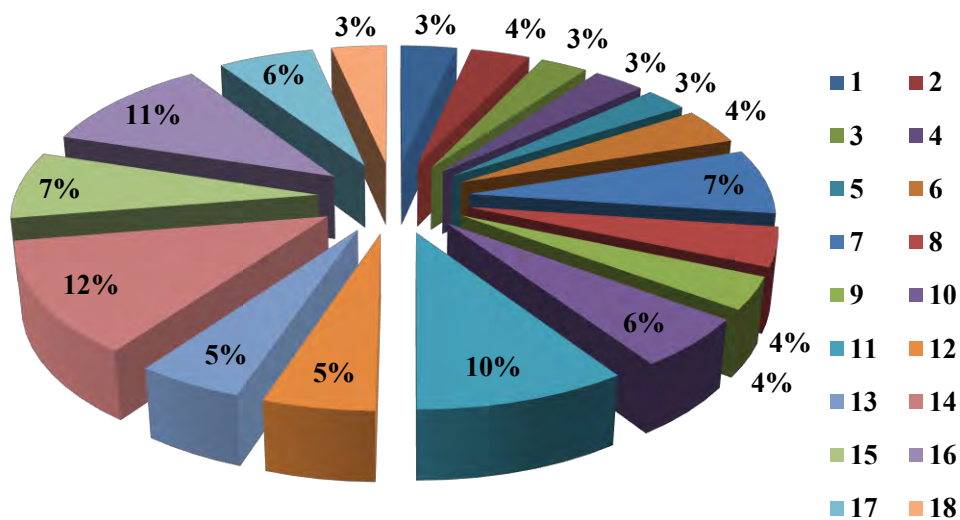
- Kemampuan Serapan Pedesaan

= Kemampuan serapan pedesaan x jumlah rumah pedesaan

= 0,00155 g CO₂/detik x 8.953 rumah

= 13,87 g CO₂/detik

Berdasarkan hasil perhitungan yang dirangkum dalam Tabel 4.17, dikeathui bahwa kemampuan serapan total RTH Privat adalah 817,973 g/detik. Gambar 4.7 memberikan informasi persentase serapan masing-masing kecamatan di Kabupaten Sidoarjo.



Gambar 4.7 Kemampuan Serapan CO₂ Oleh RTH Privat Per Kecamatan di Kabupaten Sidoarjo

Keterangan Gambar 4.7:

1 = Kec. Tarik	7 = Kec. Candi	13 = Kec. Sedati
2 = Kec. Prambon	8 = Kec. Tulangan	14 = Kec. Waru
3 = Kec. Krembung	9 = Kec. Wonoayu	15 = Kec. Gedangan
4 = Kec. Porong	10 = Kec. Sukodono	16 = Kec. Taman
5 = Kec. Jabon	11 = Kec. Sidoarjo	17 = Kec. Krian
6 = Kec. Tanggulangin	12 = Kec. Buduran	18 = Kec. Balongbendo

Gambar 4.7 menunjukkan grafik persentase kemampuan serapan CO₂ oleh RTH Privat di masing-masing kecamatan Kabupaten Sidoarjo. Dari grafik tersebut

diketahui bahwa kemampuan serapan tertinggi sebesar 12%, 101,811 g/detik adalah di Kecamatan Waru, dan terbesar kedua adalah 11%, 88,305 g/detik di Kecamatan Taman.

Tingginya luasan area RTH Privat di kedua kecamatan ini sangat berkaitan dengan tingginya jumlah rumah yang ada di kedua kecamatan tersebut, mencapai 13% dan 12% dari total keseluruhan jumlah rumah di Kabupaten Sidoarjo. Selain itu Kecamatan Taman dan Waru berada di SSWP I, di mana SSWP I merupakan wilayah pengembangankawasan perumahan dan permukiman, industri dan perdagangan skala lokal, regional dan internasional.

4.1.1.3 Luas dan Potensi Daya Serap Ruang Terbuka Hijau Total Kabupaten Sidoarjo

Setelah dilakukan inventarisasi dan penentuan estimasi serapan emisi CO₂ oleh RTH baik privat maupun publik di Kabupaten Sidoarjo maka dapat diperoleh nilai total untuk seluruh Kabupaten Sidoarjo. Untuk mendapatkan hasil luas total RTH di Kabupaten Siodarjo maka dilakukan penjumlahan dari luas total RTH privat (Tabel 4.15) dan publik (Tabel 4.2). Demikian halnya dengan serapan total Kabupaten sidoarjo, diperoleh dari hasil penjumlahan total kemampuan serapan dari RTH publik dan RTH Privat (Tabel 4.17).

Tabel 4.18 Luas dan Daya Serap RTH di Kabupaten Sidoarjo

RTH	Luas (Ha)	Daya serap emisi CO₂ (g CO₂/detik)
Publik	1.508.007,00	2.746.670,00
Privat	293,87	817,97
Total	1.508.300,87	2.747.487,97

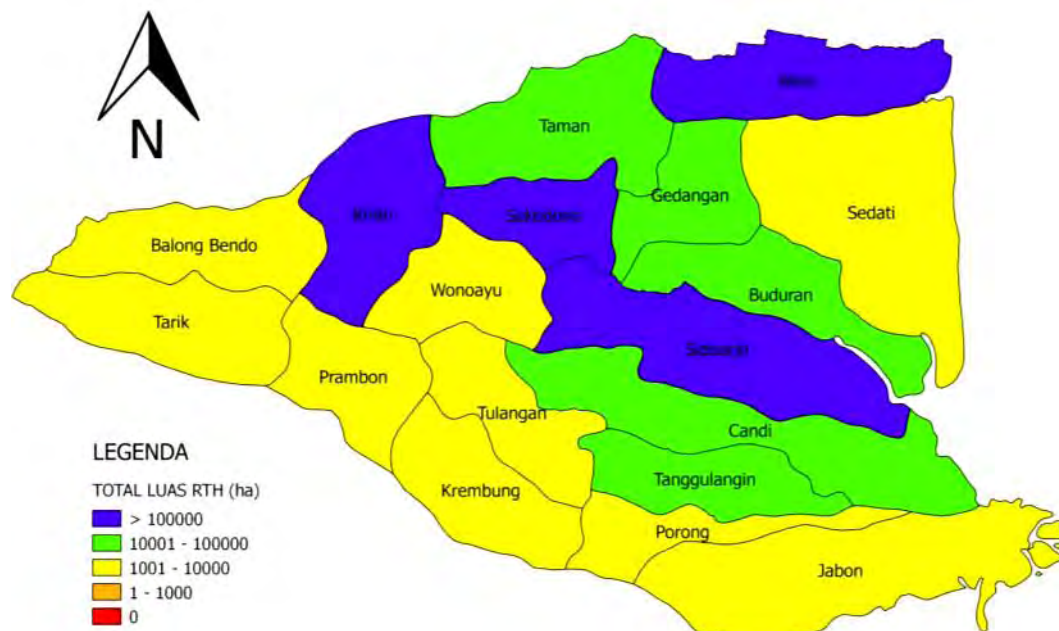
Sumber: Hasil Perhitungan

Ruang terbuka hijau publik dengan luas area 1.508.007 Ha mampu menyerap sebesar 2.746.670 gram emisi CO₂ setiap detiknya. Sehingga dapat disimpulkan bahwa untuk setiap hektar area RTH Publik di Kabupaten Sidoarjo mampu menyerap emisi CO₂ sebesar 1,82 g/detik. Jadi laju serapannya adalah 1,82 g

CO₂/Ha/detik, dengan asumsi seluruh jenis RTH publik memiliki tutupan vegetasi yang sama.

Sementara RTH Privat di Kabupaten Sidoarjo dengan luas 293,87 mampu menyerap sebesar 817,97 gram emisi CO₂ setiap detiknya. Sehingga dapat disimpulkan bahwa untuk setiap hektar area RTH Privat di Kabupaten Sidoarjo mampu menyerap emisi CO₂ sebesar 2,78 g/detik. Jadi laju serapannya adalah 2,78 g CO₂/Ha/detik, dengan asumsi seluruh jenis RTH privat memiliki tutupan vegetasi yang sama.

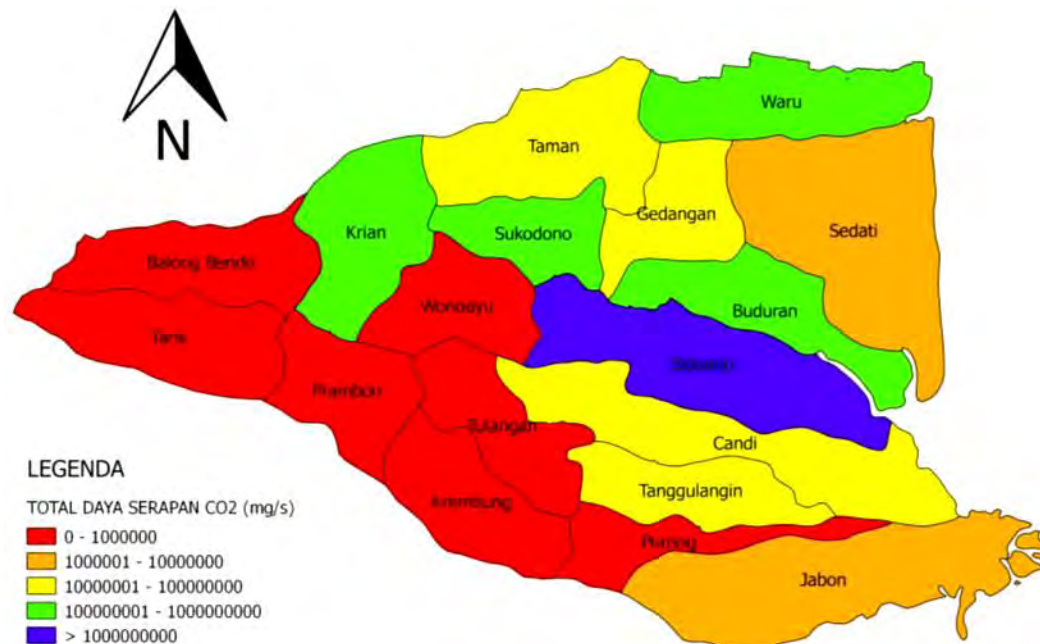
Gambar 4.8 merupakan hasil pemetaan dari persebaran luas RTH di tiap kecamatan di Kabupaten Sidoarjo.



Gambar 4.8 Peta Total Luas Ruang Terbuka Hijau Perkecamatan Di Kabupaten Sidoarjo

Dapat dilihat bahwa Kecamatan Krian, Sukodono, Sidoarjo dan Waru dengan warna biru termasuk dalam kategori memiliki RTH sangat tinggi. Berdasarkan hasil perhitungan, kecamatan dengan luas RTH tertinggi adalah Kecamatan Sidoarjo, dengan RTH total sebesar 626.073,87 Ha. Untuk mendapatkan nilai daya serap emisi CO₂ oleh RTH, digunakan pendekatan luas. sehingga diperoleh kemampuan serapan total dari RTH Publik dan RTH Privat. Persebaran kemampuan serapan

emisi CO₂ oleh kedua jenis RTH di Kabupaten Sidoarjo dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.9 Kemampuan Serapan Emisi CO₂ Oleh Ruang Terbuka Hijau Perkecamatan Di Kabupaten Sidoarjo

4.1.2 Sumber dan Beban Emisi CO₂

Pada penelitian ini, emisi CO₂ yang dihitung adalah emisi CO₂ primer yang dihasilkan dari kegiatan permukiman, industri, dan transportasi di tiap kecamatan yang berada pada wilayah Kabupaten Sidoarjo. Emisi CO₂ dari kegiatan transportasi, permukiman dan industri yang dihitung hanya emisi CO₂ primer saja, sedangkan emisi CO₂ sekundernya tidak diperhitungkan karena sumber emisinya berasal dari PLTU yang lokasinya tidak berada di wilayah penelitian, sehingga tidak efektif bila dilakukan analisis penyerapan emisi CO₂ oleh RTH yang ditanam di wilayah penelitian.

4.1.2.1 Emisi CO₂ dari Kegiatan Permukiman

Data mengenai jumlah rumah tangga yang menggunakan bahan bakar LPG (*Liquid Petroleum Gas*), minyak tanah, dan kayu bakar didapatkan dari data Susenas (2010) yang telah diperbaharui pada tahun 2012. Sedangkan data mengenai jumlah penggunaan bahan bakar didapatkan dari hasil sampling yang dilakukan di

beberapa Kecamatan di Sidoarjo. Berdasarkan wilayah hasil survey dan inventarisasi bahan bakar yang dipergunakan di Kabupaten Sidoarjo dilakukan analisis penggunaan bahan bakar berdasarkan status wilayah dan jenis bahan bakar yang dipergunakan.

Data lain yang digunakan adalah faktor emisi (g CO₂/MJ) dan NCV (*Net Calorific Volume*) masing-masing bahan bakar (MJ/Kg) yang bersumber dari IPCC 2006 yang dapat dilihat pada Tabel 4.19

Tabel 4.19 Nilai NCV dan EF untuk Kegiatan Permukiman

Bahan Bakar	NCV (MJ/Kg)	Faktor Emisi (g CO ₂ /MJ)
LPG	47.3	63.1
Minyak Tanah	43.8	71.9
Kayu Bakar	15	112

Sumber: IPCC, 2006

Data mengenai jumlah penggunaan bahan bakar berdasarkan jenisnya beserta pengelompokkan atas status wilayah tersaji pada Tabel 4.20. Pada tabel tersebut dapat diketahui perbandingan antara penggunaan jumlah bahan bakar wilayah perkotaan dan perdesaan di Kabupaten Sidoarjo. Prosentase penggunaan bahan bakar di wilayah perdesaan dan perkotaan dapat dilihat pada Gambar 4.20.

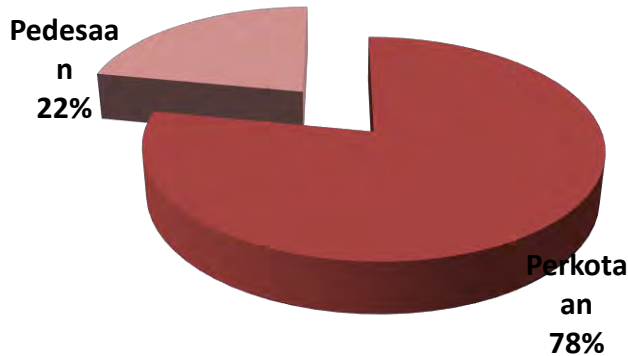
Tabel 4.20 Rata-rata Konsumsi Bahan Bakar Berdasarkan Status Wilayah

Status Wilayah	Jumlah Sampel	Rata-rata Konsumsi Bahan Bakar (Kg/Bulan)		
		LPG	Minyak Tanah	Kayu Bakar
Pedesaan	21	6,7	3,3	31
Perkotaan	62	11,6	0	0
Rata-Rata		9,15	1,7	15,5

Sumber: Hasil Survey, 2014

Berdasarkan hasil survei didapatkan bahwa penggunaan bahan bakar terbesar berasal dari wilayah pedesaan dengan prosentase 78%. Sedangkan wilayah perkotaan dalam prosentase rata-rata penggunaan bahan bakar sebesar 22% (Gambar 4.6). Bahan bakar tersebut merupakan penggunaan bahan bakar untuk memasak. Terjadi perbedaan yang signifikan dikarenakan pola konsumsi bahan bakar di wilayah pedesaan dan perkotaan memiliki perbedaan yang dipengaruhi

oleh beberapa faktor. Faktor-faktor tersebut diantaranya tingkat pendapatan dan pola konsumsi di masing-masing wilayah.



Gambar 4.10 Prosentase Rata-rata Penggunaan Bahan Bakar Tiap Wilayah

Dari hasil survey didapatkan besarnya penggunaan bahan bakar dari wilayah pedesaan dan perkotaan. Jumlah penggunaan bahan bakar tersebut digunakan untuk melakukan perhitungan besarnya emisi CO₂ yang dihasilkan dari penggunaan bahan bakar tersebut.

1. Emisi dari LPG

Emisi CO₂ dari penggunaan bahan bakar LPG aktifitas rumah tangga memasak dihitung dengan menggunakan metode perhitungan IPCC (2006). Faktor emisi yang digunakan adalah pendekatan melalui faktor emisi dan NCV bahan bakar LPG seperti pada Tabel 4.21.

Contoh Perhitungan Kecamatan Tarik:

Konsumsi LPG = 9,15 kg/bulan = 109,8 kg/tahun

EF_{LPG} = 63,1 g/MJ

NCV_{LPG} = 47,3 MJ/kg

Perhitungan emisi CO₂ menggunakan Persamaan 2.4 untuk bahan bakar LPG.

Emisi CO₂ = konsumsi bahan bakar x EFLPG x NCV

= 109,8 kg /tahun x 63,1 g /MJ x 47,3 MJ /kg

= 327.712,4 g CO₂ /tahun

= 0,3277 ton CO₂ /tahun

Total Emisi = 0,3277 ton CO₂ /tahun x 14.828

= 4.859,32 ton CO₂ /tahun

Data selengkapnya mengenai emisi CO₂ yang dihasilkan dari penggunaan bahan bakar LPG untuk tiap Kecamatan dapat dilihat pada Tabel 4.21.

Tabel 4.21 Emisi CO₂ dari Penggunaan LPG di Tiap Kecamatan

No	Nama Kecamatan	Jumlah Rumah	Total Emisi (ton CO ₂ /tahun)
1	Tarik	14.828	4.859,32
2	Prambon	16.955	5.556,36
3	Krembung	13.198	4.325,15
4	Porong	14.630	4.794,43
5	Jabon	11.181	3.664,15
6	Tanggulangun	19.668	6.445,45
7	Candi	35.553	11.651,16
8	Tulangan	21.401	7.013,37
9	Wonoayu	17.057	5.589,79
10	Sukodono	27.072	8.871,83
11	Sidoarjo	47.033	15.413,30
12	Buduran	23.604	7.735,32
13	Sedati	22.723	7.446,61
14	Waru	60.030	19.672,57
15	Gedangan	35.815	11.737,02
16	Taman	53.102	17.402,18
17	Krian	28.122	9.215,93
18	Balong Bendo	15.312	5.017,93
Jumlah		477.284	1566.411,87

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari Tabel 4.2 dapat diketahui bahwa emisi CO₂ terbesar dihasilkan dari penggunaan LPG di Kecamatan Waru yaitu sebesar 19.672,57 ton CO₂ /tahun. Emisi CO₂ dari Kecamatan Waru sebagai penyumbang emisi terbesar turut menyumbangkan 12,6% emisi CO₂ yang dihasilkan dari penggunaan LPG di Kabupaten Sidoarjo. Hal tersebut dikarenakan jumlah pengguna LPG di Kecamatan Waru terbesar dibandingkan dengan Kecamatan lain di Kabupaten Sidoarjo.

2. Emisi CO₂ dari Penggunaan Minyak Tanah

Emisi CO₂ penggunaan bahan bakar minyak tanah dari kegiatan memasak rumah tangga dihitung dengan menggunakan metode perhitungan IPCC Guidelines

2006. Faktor emisi yang digunakan adalah pendekatan melalui faktor emisi dan Net Calorific Volume (NCV) bahan bakar minyak tanah seperti pada Tabel 4.19.

Contoh Perhitungan Kecamatan Tarik:

Konsumsi minyak tanah = 1,7 kg/bulan = 20,4 kg/tahun

EF_{minyak tanah} = 71,9 g/MJ

NCV_{minyak tanah} = 43,8 MJ/kg

Perhitungan emisi CO₂ menggunakan Persamaan 2.4 untuk bahan bakar minyak tanah.

Emisi CO₂ = EF x konsumsi bahan bakar x NCV

= 71,9 g/MJ x 20,4 kg/tahun x 43,8 MJ/kg

= 64244,09 g CO₂/tahun = 0,06424 ton CO₂/tahun

Total Emisi = 0,06424 ton CO₂/tahun x 14.828

= 952,6 ton CO₂/tahun

Data selengkapnya mengenai emisi CO₂ yang dihasilkan dari penggunaan bahan bakar minyak tanah untuk tiap Kecamatan dapat dilihat pada Tabel 4.22.

Tabel 4.22 Emisi CO₂ dari Penggunaan Minyak Tanah di Tiap Kecamatan

No.	Nama Kecamatan	Jumlah Rumah	Total Emisi (ton CO ₂ /tahun)
1	Tarik	14.828	952,61
2	Prambon	16.955	1.089,26
3	Krembung	13.198	847,89
4	Porong	14.630	939,89
5	Jabon	11.181	718,31
6	Tanggulangun	19.668	1.263,55
7	Candi	35.553	2.284,07
8	Tulangan	21.401	1.374,89
9	Wonoayu	17.057	1.095,81
10	Sukodono	27.072	1.739,22
11	Sidoarjo	47.033	3.021,59
12	Buduran	23.604	1.516,42
13	Sedati	22.723	1.459,82
14	Waru	60.030	3.856,57
15	Gedangan	35.815	2.300,90
16	Taman	53.102	3.411,49
17	Krian	28.122	1.806,67
18	Balong Bendo	15.312	983,71
Jumlah		477.284	30.662,68

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari Tabel 4.21 dapat diketahui bahwa emisi CO₂ terbesar dihasilkan dari penggunaan minyak tanah di Kecamatan Waru yaitu sebesar 3.856,57 ton CO₂

/tahun. Emisi CO₂ dari Kecamatan Waru sebagai penyumbang emisi terbesar turut menyumbangkan 15,5% emisi CO₂ yang dihasilkan dari penggunaan minyak tanah di Kabupaten Sidoarjo. Hal tersebut dikarenakan jumlah penduduk di Kecamatan Waru terbesar dibandingkan dengan Kecamatan lain di Kabupaten Sidoarjo.

3. Emisi CO₂ dari Penggunaan Kayu Bakar

Emisi CO₂ penggunaan bahan bakar kayu bakar dari kegiatan memasak rumah tangga dihitung dengan menggunakan metode perhitungan IPCC Guidelines 2006.

Contoh Perhitungan Kecamatan Tarik:

Konsumsi kayu bakar = 15,5 kg/bulan = 186 kg/tahun

EF_{kayu bakar} = 112 g/MJ

NCV_{kayu bakar} = 15 MJ/kg

Perhitungan emisi CO₂ menggunakan Persamaan 2.4 untuk bahan bakar kayu bakar.

Emisi CO₂ = EF x konsumsi bahan bakar x NCV

= 112g /MJ x 186 kg/tahun x 15 MJ/kg

= 312480 g CO₂ /tahun

= 0,3124 ton CO₂ /tahun

Total Emisi = 0,3124 ton CO₂ /tahun x 14.828

= 4.633,45 ton CO₂ /tahun

Data selengkapnya mengenai emisi CO₂ yang dihasilkan dari penggunaan bahan bakar kayu untuk tiap Kecamatan dapat dilihat pada Tabel 4.23. Dari Tabel 4.23 dapat diketahui bahwa emisi CO₂ terbesar dihasilkan dari penggunaan kayu bakar di Kecamatan Tarik yaitu sebesar 2,957.17 ton CO₂ /tahun. Emisi CO₂ dari Kecamatan Tarik sebagai penyumbang emisi terbesar turut menyumbangkan 11,3% emisi CO₂ yang dihasilkan dari penggunaan kayu bakar di Kabupaten Sidoarjo. Hal tersebut dikarenakan jumlah pengguna kayu bakar di Kecamatan Tarik terbesar

dibandingkan dengan Kecamatan lain di Kabupaten Sidoarjo. Sehingga mengakibatkan nilai emisi CO₂ di Kecamatan tersebut tinggi.

Tabel 4.23 Emisi CO₂ dari Penggunaan Kayu Bakar di Tiap Kecamatan

No	Nama Kecamatan	Jumlah Rumah	Total Emisi (ton CO ₂ /tahun)
1	Tarik	14.828	4.633,45
2	Prambon	16.955	5.298,10
3	Krembung	13.198	4.124,11
4	Porong	14.630	4.571,58
5	Jabon	11.181	3.493,84
6	Tanggulangun	19.668	6.145,86
7	Candi	35.553	11.109,60
8	Tulangan	21.401	6.687,38
9	Wonoayu	17.057	5.329,97
10	Sukodono	27.072	8.459,46
11	Sidoarjo	47.033	14.696,87
12	Buduran	23.604	7.375,78
13	Sedati	22.723	7.100,48
14	Waru	60.030	18.758,17
15	Gedangan	35.815	11.191,47
16	Taman	53.102	16.593,31
17	Krian	28.122	8.787,56
18	Balong Bendo	15.312	4.784,69
Jumlah			149.141,7

Sumber: Hasil Perhitungan

4.1.2.2 Emisi CO₂ dari Kegiatan Industri

Kabupaten Sidoarjo merupakan salah satu Kabupaten di Jawa Timur yang memiliki banyak industri dan kawasan industri. Berdasarkan data dari Badan lingkungan hidup Kabupaten Sidoarjo, diketahui bahwa terdapat 10 jenis industri di Kabupaten Sidoarjo. Kesepuluh jenis industri tersebut antara lain.

- Industri Makanan dan minuman : 305 industri
- Industri tekstil, barang kulit dan alas kaki : 96 industri
- Industri Barang dari kayu dan hasil hutan : 25 industri
- Industri Barang dari kertas dan percetakan : 58 industri
- Industri Barang dari karet dan plastik : 155 industri
- Industri semen dan barang galian non logam : 27 industri
- Industri logam dasar dan barang dari logam : 71 industri

- Industri alat angkutan, mesin dan peralatannya :54 industri
- Industri furniture dari kayu, logam dan plastik : 51 industri
- Barang lainnya : 15 industri

Emisi CO₂ penggunaan bahan bakar dari kegiatan industri dihitung dengan menggunakan metode perhitungan IPCC Guidelines 2006.

Contoh perhitungan penentuan emisi:

Data sampel industri 1.

Jenis Industri	: Makanan dan minuman
Jenis bahan bakar	: Gasoline
Volume	: 2400 L/tahun
NCV gasoline	: 0,000033 TJ/L
FE gasoline	: 69300 kg CO ₂ /TJ

Dengan menggunakan Persamaan 2.5, maka diperoleh nilai Emisi CO₂

$$\begin{aligned}
 \text{Emisi CO}_2 &= \Sigma FC \times CEF \times NCV \\
 &= 2400 \text{ L/tahun} \times 69300 \text{ kg CO}_2/\text{TJ} \times 0,000033 \text{ TJ/L} \\
 &= 5488,56 \text{ Kg CO}_2/\text{tahun}
 \end{aligned}$$

Untuk mendapatkan data jenis bahan bakar yang digunakan dan besar konsumsi bahan bakar yang digunakan masing-masing jenis industri, maka dilakukan pengambilan sampel dengan metode *random sampling*. Sehingga diperoleh rata-rata konsumsi energi dan emisi yang di keluarkan seperti disajikan pada Tabel 4.24.

Berdasarkan Tabel 4.24 diketahui rata-rata emisi yang dihasilkan dari masing-masing jenis industri. Dapat dilihat bahwa nilai rata-rata emisi karbon yang paling besar adalah dihasilkan oleh Industri alat angkutan, mesin dan peralatannya. Setelah diketahui rata-rata emisi per jenis industri, maka dapat dilakukan perhitungan untuk estimasi total emisi tiap jenis industri.

Tabel 4.24 Rata-Rata Emisi Karbon Tiap Jenis Industri

No.	Jenis Industri	Jumlah Sampel	Rata-Rata Emisi Karbon (Kg/Tahun)
1	Industri Makanan dan minuman	30	52,69
2	Industri tekstil, barang kulit dan alas kaki	8	74,38
3	Industri Barang dari kayu dan hasil hutan	2	8,00
4	Industri Barang dari kertas dan percetakan	9	59,91
5	Industri Barang dari karet dan plastik	14	26,36
6	Industri semen dan barang galian non logam	3	65,98
7	Industri logam dasar dan barang dari logam	4	8,93
8	Industri alat angkutan, mesin dan peralatannya	3	858,59
9	Industri furniture dari kayu, logam dan plastik	6	24,25

Sumber: Hasil Perhitungan

Contoh Perhitungan : Data Jenis Industri Makanan, Minuman dan Tembakau

Jumlah Industri : 305 Industri

Rata-Rata emisi CO₂ : 52,69 Kg CO₂/tahun

Total Emisi = Jumlah industri x rata-rata emisi

= 305 x 52,69 Kg CO₂/tahun

= 16.071,44 Kg CO₂/tahun

Tabel 4.25 merupakan hasil perhitungan estimasi emisi CO₂ yang dihasilkan oleh masing-masing jenis industri di Kabupaten Sidoarjo. Digunakan hasil perhitungan pada Tabel 4.24 sebagai salah satu faktor pengali. Sehingga diperoleh total emisi CO₂ per jenis industri per kecamatan di Kabupaten Sidoarjo.

Keterangan Tabel 4.25:

Industri 1 : Industri Makanan dan minuman	Industri 6 : Industri semen dan barang galian non logam
Industri 2 : Industri tekstil, barang kulit dan alas kaki	Industri 7 : Industri logam dasar dan barang dari logam
Industri 3 : Industri Barang dari kayu dan hasil hutan	Industri 8 : Industri alat angkutan, mesin dan peralatannya
Industri 4 : Industri Barang dari kertas dan percetakan	Industri 9 : Industri furniture dari kayu, logam dan plastik
Industri 5 : Industri Barang dari karet dan plastik	Industri 10 : Industri Makanan dan minuman

Tabel 4.25 Emisi Total Maisng-Masing Jenis Industri Tiap Kecamatan Di Kabupaten Sidoarjo

No.	Kecamatan	Emisi Industri 1	Emisi Industri 2	Emisi Industri 3	Emisi Industri 4	Emisi Industri 5	Emisi Industri 6	Emisi Industri 7	Emisi Industri 8	Emisi Industri 9	Emisi Industri 10	Emisi Total
(Kg CO ₂ /tahun)												
1	Sidoarjo	1.370,02	446,26	24,01	119,81	158,16	131,96	8,93	1.717,17	48,51	-	4.024,84
2	Buduran	632,32	371,88	32,01	179,72	342,69	263,92	44,64	35,72	145,52	37,03	2.085,45
3	Candi	2.002,34	892,51	8,00	119,81	289,97	-	8,93	8,93	121,27	74,06	3.525,83
4	Porong	843,09	148,75	-	59,91	52,72	-	17,86	8,93	194,03	-	1.325,29
5	Krembung	1.264,64	74,38	-	59,91	52,72	-	-	-	-	74,06	1.525,70
6	Tulangan	1.528,10	148,75	-	-	-	-	-	-	-	-	1.676,86
7	Tanggulangin	1.633,49	520,63	-	-	-	65,98	8,93	8,93	48,51	-	2.286,47
8	Jabon	1.264,64	148,75	8,00	-	-	-	-	-	-	-	1.421,39
9	Krian	526,93	1.190,02	8,00	179,72	79,08	131,96	17,86	17,86	-	-	2.151,43
10	Balongsendo	158,08	74,38	8,00	419,35	26,36	197,94	8,93	-	48,51	-	941,55
11	Wonoayu	1.106,56	148,75	-	-	158,16	65,98	8,93	8,93	48,51	-	1.545,82
12	Tarik	105,39	-	-	239,63	26,36	-	-	-	-	-	371,38
13	Prambon	368,85	-	-	-	52,72	65,98	-	-	-	-	487,55
14	Taman	1.001,17	966,89	32,01	599,07	869,90	263,92	160,72	116,08	145,52	37,03	4.192,32
15	Waru	1.053,86	1.264,40	64,02	718,88	1.159,87	329,90	205,37	133,93	145,52	111,09	5.186,85
16	Gedangan	843,09	371,88	16,01	539,16	421,77	197,94	133,93	62,50	145,52	148,12	2.879,93
17	Sedati	-	223,13	-	239,63	184,53	-	-	17,86	97,01	37,03	799,18
18	Sukodono	368,85	148,75	-	-	210,89	65,98	8,93	44,64	48,51	37,03	933,58
Emisi CO₂ Total Kabupaten Sidoarjo												37.361,43

Sumber: Hasil Perhitungan

4.1.2.3 Emisi CO₂ dari Kegiatan Transportasi

Dalam penelitian ini, emisi CO₂ dihitung dari setiap jenis kendaraan yang tercatat dari hasil survey *traffic counting* Dinas Perhubungan Kabupaten Sidoarjo. Diperoleh data tentang jumlah tiap jenis kendaraan di tiap kecamatan Kabupaten Sidoarjo.

Jenis bahan bakar yang digunakan di Kabupaten Sidoarjo terdiri atas bahan bakar bensin atau gasoline (Premium dan Pertamina) dan Solar. Jenis kendaraan yang terdata dalam Samsat yaitu jenis mobil penumpang (sedan, jeep, station), bus, truck, sepeda motor dan alat berat. Berikut merupakan jumlah kendaraan dari masing-masing jenis bahan bakar yang digunakan di wilayah Kabupaten Sidoarjo.

Tabel 4.26 Jumlah Kendaraan Dari Masing-Masing Jenis Bahan Bakar yang Digunakan Di Wilayah Kabupaten Sidoarjo

No.	Kecamatan	Mobil Penumpang (Unit)		Bus & Sejenisnya (Unit)	Truck & Sejenisnya (Unit)	Sepeda Motor (Unit)	Alat Berat (Unit)
		Gasoline	Solar	Solar	Solar	Gasoline	Solar
1	Sidoarjo	14.994	1.666	159	4.300	100.479	1
2	Candi	6.527	725	85	1.944	59.495	10
3	Buduran	4.868	541	56	1.420	39.586	5
4	Porong	1.868	208	70	1.074	31.678	0
5	Tanggulangin	2.933	326	55	919	38.787	0
6	Krembung	1.301	145	58	620	24.538	7
7	Jabon	832	92	23	495	19.891	0
8	Gedangan	6.407	712	72	3.137	53.886	1
9	Sedati	5.161	573	22	1.205	39.791	0
10	Waru	15.491	1.721	151	4.762	95.506	34
11	Krian	3.476	386	248	1.942	47.225	1
12	Balongsendo	1.499	167	21	602	25.612	0
13	Tarik	1.173	130	38	406	24.897	0
14	Prambon	1.620	180	24	825	28.611	4
15	Wonoayu	1.796	200	61	904	28.347	2
16	Tulangan	2.097	233	72	940	33.164	0
17	Sukodono	4.085	454	81	1.230	46.222	0
18	Taman	9.210	1.023	128	3.648	87.584	21
Total		85.337	9.482	1.424	30.373	825.299	86

Sumber : Samsat Kab. Sidoarjo, 2013

Emisi karbon dari sektor transportasi dihitung dengan pendekatan konsumsi bahan bakar. Data konsumsi bahan bakar (L/Tahun) didapatkan dari jumlah total bahan bakar sesuai jenisnya di ke-66 SPBU yang ada di Kabupaten Sidoarjo. Dalam

penelitian ini penghitungan emisi dikelompokkan menurut jenis bahan bakar yang digunakan, tanpa memperhitungkan sektor di mana bahan bakar tersebut digunakan. Pendekatan ini hanya memperhitungkan emisi dari pembakaran bahan bakar. Basis perhitungan pada pendekatan ini adalah data pasokan bahan bakar di suatu wilayah kabupaten. Nilai Kalor dan Faktor emisi digunakan ketetapan dari IPCC Guideline (2006) yang nilainya berbeda sesuai dengan jenis bahan bakarnya (Gasoline atau Solar).

Berikut merupakan perhitungan emisi karbon berdasarkan jenis bahan bakarnya :

Bahan Bakar Gasoline

Konsumsi Bahan Bakar Gasoline = 178.405.584 L/Tahun

NCV / Nilai Kalor Gasoline = 0,000033 TJ/L

Faktor Emisi Gasoline = 69.300 Kg CO₂/TJ

Emisi Karbon Gasoline = Konsumsi BBM x NCV x FE Gasoline
 = 178.405.584 L/Tahun x 0,000033 TJ/L x 69.300 Kg CO₂/TJ
 = 407.995.730,1 Kg CO₂/Tahun
 = 407.995,73 Ton CO₂/Tahun

Bahan Bakar Solar

Konsumsi Bahan Bakar Solar = 31.229.940 L/Tahun

NCV / Nilai Kalor Solar = 0,000036 TJ/L

Faktor Emisi Solar = 74.100 Kg CO₂/TJ

Emisi Karbon Solar = Konsumsi BBM x NCV x FE Solar
 = 31.229.940 L/Tahun x 0,000036 TJ/L x 74.100 Kg CO₂/TJ
 = 83.308.987,94 Kg CO₂/Tahun
 = 83.308,99 Ton CO₂/Tahun

Emisi Sektor Transportasi

Emisi Karbon total = Emisi dari Gasoline + Emisi dari Solar
 = 407.995,73 + 83.308,99
 = 491.304,72 Ton CO₂/Tahun

Metode perhitungan dilakukan menggunakan bantuan MS. Excel. Sehingga diperoleh tabel perhitungan seperti pada Tabel 4.27.

Tabel 4.27 Penentuan Emisi Sektor Transportasi

No.	Kecamatan	Emisi (Ton CO ₂ /Thn)
1	Sidoarjo	68,225.76
2	Candi	35,570.10
3	Buduran	24,728.13
4	Porong	16,454.78
5	Tanggulangin	20,446.05
6	Krembung	12,163.07
7	Jabon	9,435.66
8	Gedangan	35,381.84
9	Sedati	24,831.56
10	Waru	68,071.09
11	Krian	26,486.55
12	Balongsendo	12,762.51
13	Tarik	11,667.36
14	Prambon	14,441.31
15	Wonoayu	14,827.51
16	Tulangan	17,132.38
17	Sukodono	25,574.95
18	Taman	53,104.10
Jumlah		491,304.72

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan Tabel 4.27 diketahui bahwa nilai emisi CO₂ dari sektor transportasi di Kabupaten Sidoarjo adalah sebesar 491.304,72 Ton CO₂/Tahun. Wilayah dengan emisi CO₂ tertinggi adalah Kecamatan Sidoarjo. Tingginya emisi dari sektor transportasi di Kecamatan Sidoarjo berkorelasi positif dengan jumlah kendaraan bermotor di kecamatan ini.

4.1.2.4 Emisi CO₂Total

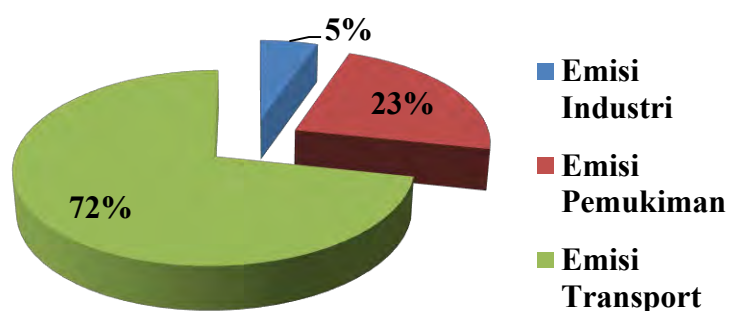
Setelah dilakukan perhitungan estimasi emisi CO₂ primer dari tiga sektor yakni sektor transportasi, industri dan pemukiman, maka diperoleh nilai emisi CO₂ total di Kabupaten Sidoarjo. Emisi CO₂ total diperoleh dengan menjumlahkan emisi CO₂ primer dari transportasi, pemukiman dan industri dalam satuan Ton CO₂ / tahun. Emisi CO₂ total di Kabupaten Sidoarjo dari tiga sektor dapat dilihat pada Tabel 4.28.

Tabel 4.28 Emisi CO₂ Total

No.	Kecamatan	Emisi Industri	Emisi Pemukiman	Emisi Transport	Emisi Total
Ton CO ₂ /Tahun					
1	Sidoarjo	4.024,84	15.413,30	68.225,76	87.663,89
2	Buduran	2.085,45	7.735,32	35.570,10	45.390,87
3	Candi	3.525,83	11.651,16	24.728,13	39.905,12
4	Porong	1.325,29	4.794,43	16.454,78	22.574,50
5	Krembung	1.525,70	4.325,15	20.446,05	26.296,90
6	Tulangan	1.676,86	7.013,37	12.163,07	20.853,30
7	Tanggulangun	2.286,47	6.445,45	9.435,66	18.167,58
8	Jabon	1.421,39	3.664,15	35.381,84	40.467,39
9	Krian	2.151,43	9.215,93	24.831,56	36.198,92
10	Balombangendo	941,55	5.017,93	68.071,09	74.030,57
11	Wonoayu	1.545,82	5.589,79	26.486,55	33.622,16
12	Tarik	371,38	4.859,32	12.762,51	17.993,20
13	Prambon	487,55	5.556,36	11.667,36	17.711,28
14	Taman	4.192,32	17.402,18	14.441,31	36.035,81
15	Waru	5.186,85	19.672,57	14.827,51	39.686,94
16	Gedangan	2.879,93	11.737,02	17.132,38	31.749,33
17	Sedati	799,18	7.446,61	25.574,95	33.820,74
18	Sukodono	933,58	8.871,83	53.104,10	62.909,51
TOTAL					685.078,02

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai emisi total di Kabupaten sidoarjo adalah sebesar 685.078,02 Ton CO₂/Tahun. Itu berarti setiap tahun aktifitas di Kabupaten Sidoarjo melepaskan emisi CO₂ sebesar 685.078,02 Ton.

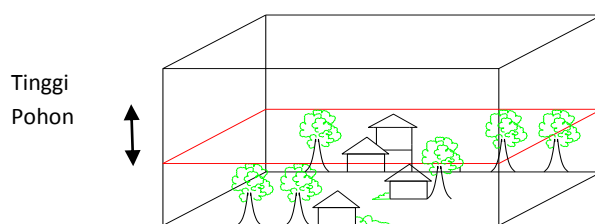


Gambar 4.11 Perbandingan Emisi CO₂ dari Sektor Transportasi, Industri dan Pemukiman

Apabila dibandingkan dengan dua sektor lain (Gambar 4.11), sektor transportasi menyumbang emisi tertinggi di Kecamatan Sidoarjo. Hal ini membuktikan bahwa masyarakat di Kabupaten Sidoarjo sangat aktif dalam perekonomian dan mobilitasnya. Karena fungsi dari transportasi adalah untuk memberikan akses kepada masyarakat agar mudah melakukan kegiatan perekonomiannya. Namun pertumbuhan sektor transportasi yang tak terkendali dapat menjadi bukti rendahnya partisipasi masyarakat dalam penerapan kebijaksanaan transportasi, kinerja angkutan umum yang jelek dan lemahnya fungsi administrator moda transportasi.

4.1.2.5 Penentuan Beban Emisi CO₂ di Kabupaten Sidoarjo dengan *Box Model*

Pada penelitian ini, data emisi CO₂ yang diperhitungkan dalam kaitannya dengan penyerapan emisi CO₂ oleh RTH adalah sumber emisi CO₂ primer yaitu emisi CO₂ dari penggunaan Bahan Bakar Minyak (BBM) dari sektor transportasi dan industri, serta penggunaan bahan bakar (LPG dan minyak tanah) dari sektor pemukiman. Data emisi CO₂ yang digunakan diperoleh dari data sekunder. Visualisasi dari *box model* ditunjukkan dalam Gambar 4.12,



Gambar 4.12 Visualisasi *Box Model* Permukiman

Penentuan beban emisi dilakukan dengan *Box Model*. Dengan menggunakan metode Box Model, dihitung beban maksimal emisi CO₂ primer yang mampu ditahan (terakumulasi dalam waktu tertentu) di Kabupaten Sidoarjo sesuai Persamaan 2.6. Dibutuhkan beberapa asumsi dalam melakukan perhitungan emisi CO₂ menggunakan *Box Model*, antara lain:

- ✓ Digunakan ketinggian pohon rata-rata sebagai batas ketinggian (H), Emisi yang berada di dalam *box* dengan batas atas H dianggap sebagai emisi CO₂ yang menjadi tanggung jawab RTH publik maupun privat. Laju emisi polutan

udara adalah konstan (tetap), sehingga kecepatan angin (U) konstan dan dengan satu arah angin. Nilai U dan arah angin diperoleh dari data sekunder BMKG Tahun 2013, dapat dilihat pada Tabel 2.7.

- ✓ Sifat polutan adalah stabil, tidak terurai selama berada di udara dalam kota.
- ✓ Tidak ada polutan yang masuk atau keluar melalui bagian melalui kedua sisi yang sejajar dengan arah angin.
- ✓ *Box* dalam penelitian ini sesuai dengan batas Kabupaten Sidoarjo. Luas wilayah Kabupaten Sidoarjo (Tabel 2.1) = $714,27 \text{ km}^2 = 7.143.000 \text{ m}^2$
- ✓ Waktu tempuh (t) yaitu jarak sumber emisi terbesar ke batas kabupaten terjauh (L) per kecepatan angin (U). Di mana sumber emisi terbesar adalah Kecamatan Waru. Titik sumber emisi terbesar yang diambil adalah Kecamatan Waru dengan total emisi 39,686,94 mg CO₂/detik, Kemudian diukur jarak L ke batas Kabupaten dengan menggunakan Peta Kabupaten Sidoarjo (Lampiran 1 dan 2).

Langkah perhitungan untuk memperoleh beban Emisi CO₂ di Kabupaten Sidoarjo dengan *Box Model* adalah sebagai berikut:

- Lokasi sumber emisi terbesar adalah Kecamatan Waru, Lokasi ini ditetapkan berdasarkan data total emisi CO₂ per Kecamatan di Kabupaten Sidoarjo (Tabel 4.28)
- Luas Wilayah Kabupaten Sidoarjo = $714,27 \text{ km}^2 = 714.300.000 \text{ m}^2$
- L = 34,2 Km = 34.200 m
- H = 10,3 m
- Arah angin = Timur
- U = 3,6 m/detik; dapat dilihat pada Tabel 2.7,
Nilai U yang diambil sesuai dengan arah angin lalu dirata-ratakan,
- Total emisi CO₂ primer = 685,078.02 ton/tahun = 21.707.162 mg CO₂/detik
(dapat dilihat pada Tabel 4.28)

Selanjutnya berdasarkan Persamaan 2.6, dilakukan perhitungan untuk memperoleh waktu tempuh (t) dan rata-rata emisi pencemar per meter persegi (q) terlebih dahulu,

$$t = \frac{L (m)}{U (m/detik)}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{34200 \text{ m}}{3,6 \text{ m/detik}} \\
&= 9500 \text{ detik} \\
q &= \frac{\text{Total emisi CO}_2 \text{ di Kabupaten Sidoarjo}}{\text{Luas Kabupaten}} \\
&= \frac{21.707.162,00 \text{ mg/detik}}{714300000 \text{ m}^2} \\
&= 0,03 \text{ mg/m}^2/\text{detik}
\end{aligned}$$

Diperoleh nilai q adalah 0,03 mg/m²/detik, Setelah diperoleh nilai t dan q selanjutnya dihitung nilai C (t) sesuai Persamaan 2.6,

$$\begin{aligned}
C(t) &= \frac{qL}{UH} (1 - e^{(-Ut)/L}) \\
&= \frac{0,03 (34200)}{3,6 (10,3)} (1 - e^{\frac{-3,6 \times 9500}{34200}}) \\
&= 17,49 \text{ mg/m}^3
\end{aligned}$$

Setelah menghitung konsentrasi pencemar, kemudian dihitung volume Kabupaten Sidoarjo atau Volume Box dalam penelitian ini,

$$\begin{aligned}
V &= \text{Luas Kabupaten (m}^2 \text{)} \times H \text{ (m)} \\
&= 714.300.000 \text{ m}^2 \times 10,3 \text{ m} \\
&= 7.357.290.000 \text{ m}^3
\end{aligned}$$

Diperoleh volume Kabupaten Sebesar 7.357.290.000 m³. Selanjutnya dapat diperoleh massa CO₂ (mg) dalam wilayah tersebut.

$$\begin{aligned}
\text{Massa CO}_2 &= C(t) \times \text{Volume Box} \\
&= 17,49 \text{ mg/m}^3 \times 7.357.290.000 \text{ m}^3 \\
&= 12,9 \times 10^{10} \text{ mg}
\end{aligned}$$

Untuk mendapatkan besar massa CO₂ persatuan waktu maka,

$$\begin{aligned}
\text{Massa CO}_2 \text{ (mg/detik)} &= \frac{\text{Massa CO}_2 \text{ (mg)}}{t \text{ (detik)}} \\
&= \frac{(12,9 \times 10^{10} \text{ mg})}{(9500 \text{ detik})} \\
&= 13.545.269 \text{ mg CO}_2/\text{detik} = 13.545,3 \text{ g CO}_2/\text{detik}
\end{aligned}$$

Massa CO₂ dalam gram per detik merupakan besar emisi CO₂ yang ditinjau dalam penelitian ini, Jadi, emisi CO₂ dalam box dengan batas atas H1 adalah

13.545,3 g CO₂/detik. Beban emisi ini dapat diserap seluruhnya oleh RTH di Kabupaten Sidoarjo. Untuk dapat menentukan kecukupan RTH di wilayah tersebut, maka dilakukan perbandingan daya serap tiap kecamatan dengan beban emisi yang harus ditanggung. Maka dilakukan pemodelan beban emisi dengan box model pada masing-masing kecamatan. Dengan asumsi-asumsi sebagai berikut:

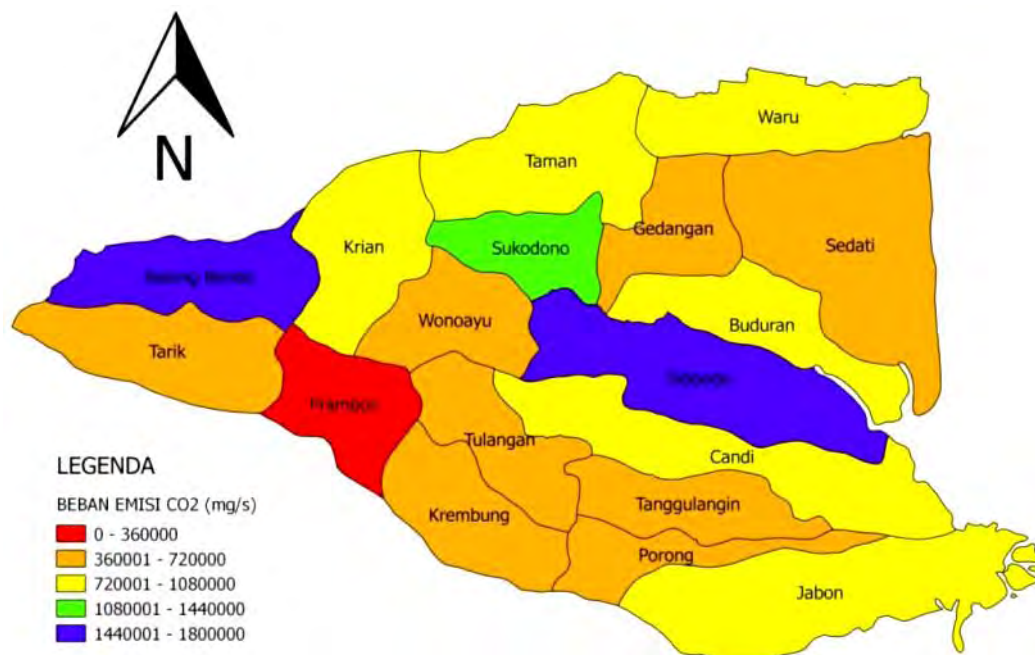
- ✓ Digunakan ketinggian pohon rata-rata 10,3 m sebagai batas ketinggian (H), Emisi yang berada di dalam *box* dengan batas atas H dianggap sebagai emisi CO₂ yang menjadi tanggung jawab RTH publik maupun privat tiap wilayah. Laju emisi polutan udara adalah konstan (tetap), sehingga kecepatan angin (U) konstan dan dengan satu arah angin. Nilai U dan arah angin diperoleh dari data sekunder BMKG Tahun 2013 dilihat pada Tabel 2.7.
- ✓ Sifat polutan adalah stabil, tidak terurai selama berada di udara dalam kota.
- ✓ Tidak ada polutan yang masuk atau keluar melalui bagian melalui kedua sisi yang sejajar dengan arah angin.
- ✓ *Box* dalam penelitian ini sesuai dengan batas masing-masing kecamatan.
- ✓ Waktu tempuh (t) yaitu jarak sumber emisi terbesar ke batas kecamatan terjauh (L) per kecepatan angin (U). Dikarenakan tidak diketahui sumber terbesar emisi di masing-masing kecamatan, maka digunakan diagonal terjauh sesuai arah angin dominan (timur) pada masing-masing kecamatan.

Tabulasi perhitungan box model masing-masing kecamatan dapat dilihat pada Tabel 4.29. Nilai beban emisi masing-masing kecamatan tersebut kemudian dibandingkan dengan daya serap masing-masing kecamatan. Sehingga diketahui kecukupan dari RTH di kecamatan tersebut dalam menyerap emisi CO₂.

Tabel 4.29 Beban Emisi CO₂ di Tiap Kecamatan

No.	Nama Kecamatan	Luas Kecamatan (m ²)	L (m)	H (m)	U (m/dt)	t (dt)	Emisi (mg/detik)	q (mg/m ² /dt)	V (m ³)	Ct (mg/m ³)	Massa CO ₂ (mg)	Massa CO ₂ Per satuan Waktu (mg/dt)
1	Sidoarjo	62.560.000	13500	10,3	3,6	3750,0	2.777.690	0.04	644.368.000	10,22	6.584.380.829,47	1.755.834,89
2	Buduran	41.025.000	9225			2562,5	1.438.241	0.04	422.557.500	5,51	2.329.674.955,49	909.141,45
3	Candi	40.667.500	12600			3500,0	1.264.421	0.03	418.875.250	6,68	2.797.432.184,11	799.266,34
4	Porong	29.822.500	8100			2250,0	715.288	0.02	307.171.750	3,31	1.017.334.114,35	452.148,50
5	Krembung	29.550.000	7200			2000,0	833.235	0.03	304.365.000	3,46	1.053.410.087,56	526.705,04
6	Tulangan	31.205.000	8100			2250,0	660.751	0.02	321.411.500	2,92	939.767.199,47	417.674,31
7	Tanggulangin	32.290.000	11925			3312,5	575.652	0.02	332.587.000	3,62	1.205.357.579,23	363.881,53
8	Jabon	80.997.500	17100			4750,0	1.282.237	0.02	834.274.250	4,61	3.850.008.519,26	810.528,11
9	Krian	32.500.000	8325			2312,5	1.146.987	0.04	334.750.000	5,01	1.676.641.865,66	725.034,32
10	Balombang	31.400.000	11250			3125,0	2.345.709	0.07	323.420.000	14,33	4.633.658.324,54	1.482.770,66
11	Wonoayu	33.920.000	9000			2500,0	1.065.341	0.03	349.376.000	4,82	1.683.559.737,34	673.423,89
12	Tarik	36.060.000	11700			3250,0	570.127	0.02	371.418.000	3,15	1.171.263.729,29	360.388,84
13	Prambon	34.225.000	9000			2500,0	561.194	0.02	352.517.500	2,52	886.855.344,75	354.742,14
14	Taman	31.535.000	10800			3000,0	1.141.819	0.04	324.810.500	6,67	2.165.301.821,56	721.767,27
15	Waru	30.320.000	12600			3500,0	1.257.508	0.04	312.296.000	8,91	2.782.137.488,85	794.896,43
16	Gedangan	24.057.500	6300			1750,0	1.005.999	0.04	247.792.250	4,49	1.112.847.265,18	635.912,72
17	Sedati	79.430.000	9675			2687,5	1.071.633	0.01	818.129.000	2,23	1.820.516.196,86	677.401,38
18	Sukodono	32.677.500	8550			2375,0	1.993.331	0.06	336.578.250	8,89	2.992.559.944,65	1.260.025,24

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 4.13 Peta Beban Emisi CO₂

Gambar 4.13 menggambarkan persebaran beban emisi CO₂ sesuai dengan hasil perhitungan menggunakan *Box Model* pada Tabel 4.29. Dapat dilihat bahwa wilayah yang berwarna biru merupakan wilayah dengan beban emisi CO₂ tertinggi yakni bernilai antara 1.440.001 mg/detik hingga 1.800.000 mg/detik. Dua kecamatan tersebut adalah Kecamatan Balongbendo dan Kecamatan Sidoarjo.

4.1.2.6 Hubungan Sumber Emisi dan Penyerapan

Kemampuan serapan emisi CO₂ oleh RTH dipengaruhi oleh beberapa faktor. Dalam penelitian ini digunakan pendekatan faktor luas tutupan (kanopi) atau luas tajuk. Untuk mengetahui hubungan antara sumber emisi dan penyerapnya dibutuhkan data mengenai besarnya emisi yang dikeluarkan oleh kontributor di tiap kecamatan di Kabupaten Sidoarjo. Kontributor dalam penelitian ini adalah emisi CO₂ dari sektor pemukiman, transportasi dan industri.

Besarnya beban emisi karbon (CO₂) yang harus ditanggung setiap kecamatan di Kabupaten Sidoarjo dapat dilihat pada Tabel 4.29. Besarnya kemampuan serapan emisi CO₂ setiap kecamatan di Kabupaten Sidoarjo dapat dilihat pada Gambar 4.4. Besarnya resultan emisi diperoleh dari beban emisi dikurangi kemampuan serapan.

Tabel 4.30 memberikan informasi mengenai perbandingan beban emisi yang harus ditanggung dengan serapannya di tiap kecamatan di Kabupaten Sidoarjo.

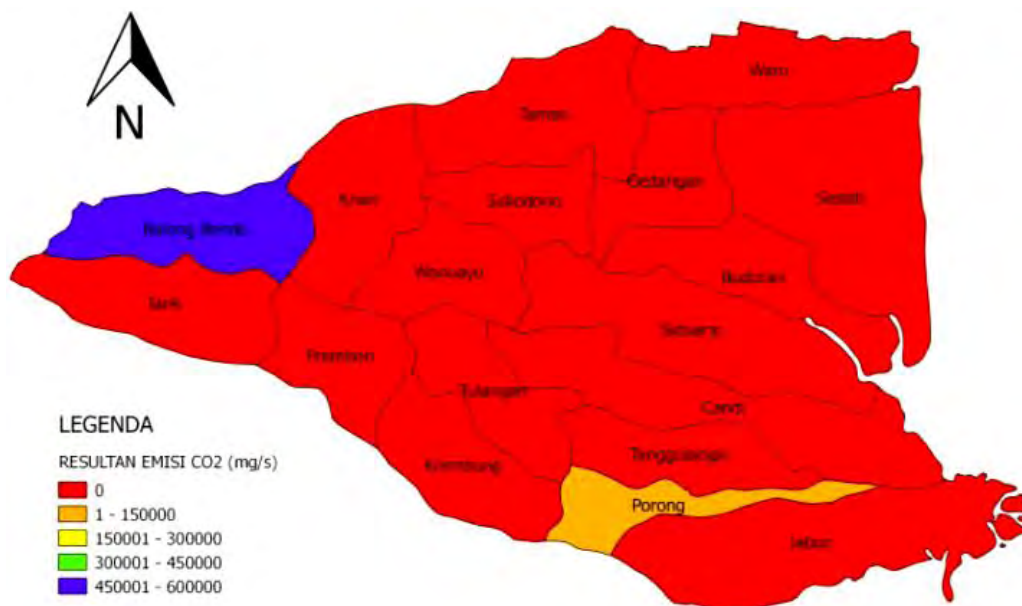
Tabel 4.30 Resultan Emisi dan Serapan

No.	Nama Kecamatan	Beban Emisi	Daya Serap Emisi CO ₂	Resultan Emisi dan Serapan
		(mg/detik)	(mg/detik)	(mg/detik)
1	Sidoarjo	1.755.834,89	1.193.971.960	-
2	Buduran	909.141,45	125.126.290	-
3	Candi	799.266,34	91.450.820	-
4	Porong	452.148,50	416.530	35.618,50
5	Krembung	526.705,04	737.760	-
6	Tulangan	417.674,31	742.270	-
7	Tanggulangin	363.881,53	42.734.360	-
8	Jabon	810.528,11	2.051.490	-
9	Krian	725.034,32	180.531.540	-
10	Balongbendo	1.482.770,66	885.280	597.490,66
11	Wonoayu	673.423,89	832.950	-
12	Tarik	360.388,84	835.240	-
13	Prambon	354.742,14	820.330	-
14	Taman	721.767,27	60.848.820	-
15	Waru	794.896,43	246.364.400	-
16	Gedangan	635.912,72	60.082.270	-
17	Sedati	677.401,38	8.082.160	-
18	Sukodono	1.260.025,24	730.696.330	-

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan Tabel 4.30 dapat diketahui bahwa terdapat dua kecamatan yang nilai beban emisinya lebih besar apabila dibandingkan dengan serapannya. Dua kecamatan tersebut adalah Kecamatan Porong dengan beban emisi yang belum terserap adalah sebesar 35.618,50 mg/detik dan Kecamatan Balongbendo dengan beban emisi yang belum terserap adalah sebesar 597.490,66 mg/detik. Sehingga diperlukan penambahan kemampuan serapan emisi CO₂ oleh RTH di dua kecamatan tersebut.

Gambar 4.14 menggambarkan hasil perbandingan antara beban emisi dengan kemampuan serapan di masing-masing kecamatan di Kabupaten Sidoarjo. Dapat dilihat bahwa hasil penggambaran sesuai dengan Tabel 4.30. Terdapat dua Kecamatan yang masih membutuhkan penambahan RTH.



Gambar 4.14 Peta Resultan Emisi CO₂

Berdasarkan Gambar 4.14 dapat diketahui dua kecamatan dengan sisa emisi CO₂ yang tidak terserap oleh RTH di wilayah tersebut. Kecamatan Porong berada di kisaran beban emisi yang tersisa antara 1 mg/detik hingga 150.000 mg/detik. Sedangkan yang tertinggi adalah Kecamatan Balongbendo antara 450.001 hingga 600.000 mg/detik. Dengan adanya informasi tersebut maka dapat dilakukan upaya penyeimbangan lingkungan dengan menambahkan kemampuan serapan RTH khususnya di dua wilayah tersebut.

4.2. Aspek Lingkungan

Kabupaten berkembang seperti Kabupaten Sidoarjo, akan mengalami permasalahan permintaan akan pemanfaatan lahan kota yang terus tumbuh dan bersifat akseleratif untuk pembangunan berbagai fasilitas. Termasuk kemajuan teknologi, industri, dan transportasi. Di pihak lain, pertambahan jalur transportasi dan sistem utilitas yang saat ini sedang menjadi bentuk pembangunan utama, sebagai bagian dari peningkatan kesejahteraan warga Kabupaten Sidoarjo, juga telah menambah jumlah bahan pencemar dan telah menimbulkan berbagai ketidaknyamanan di lingkungan kabupaten. Emisi CO₂ dari aktifitas transportasi di Kabupaten Sidoarjo merupakan penyumbang CO₂ tertinggi, mencapai 72% dari total emisi CO₂ ketiga sumber emisi (Tabel 4.29).

Menurut Budiharjo dan Sujarto (2005), angka pertumbuhan penduduk dan perkembangan kota, dan pada waktu yang sama juga berdampak negatif pada perlindungan alam, sehingga untuk mewujudkan suatu kota yang berkelanjutan diperlukan keberadaan penyeimbang lingkungan dengan penyediaan Ruang Terbuka Hijau kota (Budiharjo dan Sujarto, 2005). Sebuah kawasan perkotaan dengan aktivitas dominan di sektor industri seperti Kabupaten Sidoarjo akan mempengaruhi tumbuhnya aktivitas lain sebagai *multiplier effect* yaitu aktivitas transportasi serta pemukiman.

Apabila secara teknis, daya serap RTH terhadap emisi CO₂ yang dihitung berdasarkan pendekatan luas area sudah mencukupi untuk menyerap emisi CO₂. Namun kecukupan tersebut tidak merata, dapat dilihat pada Tabel 4.30 bahwa masih terdapat 2 kecamatan yang masih kekurangan ruang terbuka hijau sebagai serapan emisi CO₂. Tingginya emisi di kecamatan-kecamatan tersebut apabila tidak diimbangi dengan peningkatan serapannya maka akan menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan secara regional maupun global. Sembilan Kecamatan yang masih kekurangan RTH sebagai serapan emisi CO₂ antara lain.

- a. Kecamatan Balongbendo, dengan besar emisi CO₂ yang tidak terserap adalah sebesar 597.490,66 mg/detik. Emisi tertinggi di kecamatan ini adalah berasal dari sektor transportasi. Kecamatan ini berada di wilayah kawasan konservasi pertanian teknis, industri non kawasan, peternakan, dan ditunjang dengan kegiatan permukiman kepadatan rendah. Menurut RTRW Kabupaten Sidoarjo Tahun 2009-2029 (Lampiran 1), peruntukan lahan Kecamatan Balongbendo adalah untuk kawasan lahan sawah. Di kecamatan ini terdata hanya memiliki RTH privat 10,05 Ha dan RTH Publik berupa lahan sawah seluas 2.243 Ha. Sehingga diasumsikan tidak ada pengelolaan untuk jenis RTH yang lain. Oleh karena itu diperlukan optimalisasi RTH privat dan peningkatan upaya pengelolaan RTH publik jalur hijau, median jalan, taman kota dan pulau jalan. Selain itu diperlukan juga adanya upaya reduksi emisi CO₂ dari sumber. Khususnya untuk sektor transportasi sebagai penyumbang emisi CO₂ terbesar.
- b. Kecamatan Porong, dengan besar emisi CO₂ yang tidak terserap adalah sebesar 35.618,50 mg/detik. Emisi tertinggi adalah berasal dari sektor

transportasi kemudian pemukiman dan industri. Kecamatan ini berada di wilayah kawasan konservasi geologi, kawasan industri dan pertanian (Lampiran 2), dengan peruntukan lahan mayoritas sebagai kawasan lahan sawah dan pemukiman (Lampiran 1). Namun peruntukan tersebut berubah setelah ada bencana lumpur lapindo, yang menyebabkan sebagian wilayah kecamatan ini menjadi wilayah konservasi geologi (lahan terdampak). Oleh karena itu rendahnya luas dan serapan RTH di kecamatan ini harus di tangani dengan cermat. Salah satu cara meningkatkan luas dan daya serap RTH adalah dengan memmaksimalkan RTH privat. Upaya tersebut harus diiringi dengan penurunan emisi CO₂ dari sumber.

Dampak negatif dari suboptimalisasi RTH, dimana RTH kota tersebut tidak memenuhi persyaratan jumlah dan kualitas (RTH tidak tersedia, RTH tidak fungsional, fragmentasi lahan (penyusutan kepemilikan lahan pertanian) yang menurunkan kapasitas lahan dan selanjutnya menurunkan kapasitas lingkungan, alih guna dan fungsi lahan) terjadi baik jangka pendek maupun jangka panjang. Berdasarkan uraian di atas, diketahui bahwa emisi tertinggi dari ke dua kecamatan tersebut adalah berasal dari sektor transportasi. Sehingga, selain diperlukan peningkatan luasan dan daya serap RTH, diperlukan pula upaya pengurangan CO₂ dari sumber.

Upaya Peningkatan Serapan Ruang Terbuka Hijau

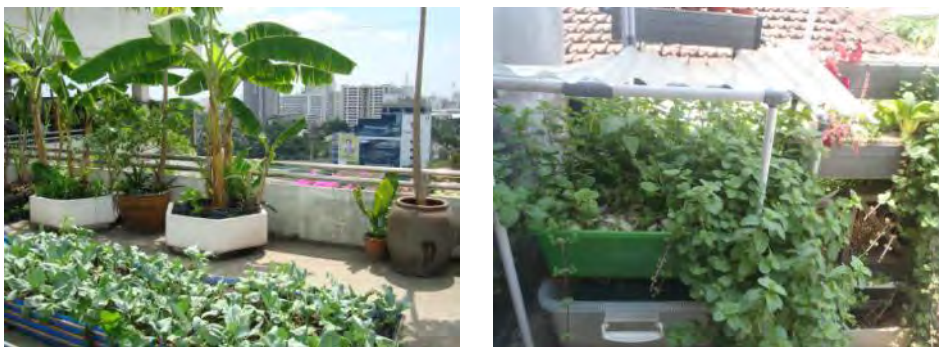
Menurut Mawardah (2013), kebutuhan RTH ini akan terus meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk. Oleh karena itu usaha pengembangan RTH tidak hanya dapat dilakukan pada usaha pengadaan lapangan olahraga taman kota, jalur hijau dan sempadan jalan serta sempadan sungai seperti yang selama ini dilaksanakan pada kondisi existing tetapi perlu usaha pengembangan di daerah-daerah yang mempunyai potensi tata hijau seperti pada kawasan industri, halaman rumah penduduk, kawasan bisnis dan perdagangan maupun kawasan lainnya. Usaha pengembangan ruang terbuka hijau untuk dapat meningkatkan kemampuan serapnya terhadap emisi CO₂ dapat dilaksanakan dengan cara intensifikasi dan cara ekstensifikasi.

1. Intensifikasi Ruang Terbuka Hijau

Intensifikasi RTH adalah upaya pengembangan, pemanfaatan dan perbaikan dengan mengoptimalkan ruang terbuka hijau yang sudah ada tanpa penambahan RTH baru. Pelaksanaan intensifikasi adalah pada daerah-daerah yang sekarang sudah ada dan dimiliki seperti lapangan bola, sempadan jalan, sempadan pantai, taman kota, RTH privat.

Beberapa cara intensifikasi yang dapat di terapkan di Kabupaten Sidoarjo adalah

- Pembangunan atau perbaikan serta pemeliharaan taman-taman kota yang telah ada sehingga dapat difungsikan sebagaimana mestinya. Dapat dilakukan dengan penambahan jumlah perdu atau dengan penggantian tanaman yang rusak dengan jenis tanaman baru.
- Penanaman tanaman perdu dan pohon pada halaman rumah penduduk dan halaman perkantoran atau instansi-instansi baik yang dimiliki oleh pemerintah maupun swasta serta institusi pendidikan yang ada.
- Penanaman tanaman dengan mempergunakan pot sebagai tempat penanamannya dan mempergunakan sistem roof garden untuk daerah-daerah pemukiman padat, fasilitas bisnis seperti pertokoan, pasar, dan hotel/wisma serta toko/ruko yang bertingkat.



Gambar 4.15 Bentuk Pemanfaatan Atap sebagai *Roof Garden*

- Pengembangan ruang terbuka hijau pada daerah-daerah sempadan sungai, pinggir-pinggir kanal dan pesisir pantai.
- Melestarikan budaya dan kearifan lokal pola penanaman tumpang sari (*polyculture*). Menurut Setiawan (2009) dalam jurnal penelitian dengan

judul Kearifan Lokal Pola Tanam Tumpangsari Di Jawa Timur, menyatakan kombinasi jenis-jenis tanaman yang biasa digunakan petani Jawa Timur dalam pola tanam tumpangsari antara lain jagung-kacang tanah, ketela pohon-ubi jalar, ketela pohon-cabe rawit, padi-jagung, dan padi-jagung-mangga.

2. Ekstensifikasi Ruang Terbuka Hijau

Ekstensifikasi adalah pola pengembangan dan pembangunan dengan memperluas ruang terbuka pada ruang-ruang terbuka yang sudah ada dan membangun RTH baru. Terdapat 3 skenario untuk meningkatkan kemampuan serapan RTH. Peningkatan serapan dapat dilakukan dengan menambah luasan RTH pohon atau RTH Perdu atau dengan mengkombinasikan keduanya.

Tabel 4.31 Skenario Ekstensifikasi Ruang Terbuka Hijau

No.	Nama Kecamatan	Resultan	Luas Eksisting	Luas RTH pohon yang harus di tambah	Luas RTH Kombinasi (70% pohon dan 30% perdu)	Luas RTH Kombinasi (100% Pohon dan 100% Perdu)
		(mg CO ₂ /detik)	(Ha)	(Ha)	(Ha)	(ha)
1	Sidoarjo	-	626.073,87	-	-	-
2	Buduran	-	80.900,90	-	-	-
3	Candi	-	58.564,11	-	-	-
4	Porong	35.618	1.018,10	1,97	7,51	1,80
5	Krembung	-	1.865,43	-	-	-
6	Tulangan	-	1.881,31	-	-	-
7	Tanggulangin	-	35.343,26	-	-	-
8	Jabon	-	2.619,81	-	-	-
9	Krian	-	126.391,37	-	-	-
10	Balongbendo	597.491	2.253,05	33,11	125,96	30,19
11	Wonoayu	-	2.116,48	-	-	-
12	Tarik	-	2.122,25	-	-	-
13	Prambon	-	2.083,78	-	-	-
14	Taman	-	47.485,49	-	-	-
15	Waru	-	143.456,40	-	-	-
16	Gedangan	-	36.235,17	-	-	-
17	Sedati	-	8.330,10	-	-	-
18	Sukodono	-	329.560,37	-	-	-

Sumber: Hasil Pehitungan

Tabel 4.31 merupakan salah satu bentuk upaya ekstensifikasi RTH untuk penambahan kemampuan serapan emisi CO₂, khususnya di Kecamatan Balongbendo dan Porong. Upaya pertama yang dapat dilakukan adalah dengan menambah luasan RTH yang terdiri dari tegakan pohon. Berdasarkan penelitian Prasetyo (2002) dalam Tinambunan (2006), besarnya serapan oleh tegakan pohon adalah 569,07 Ton CO₂/Ha/tahun dan oleh perdu atau semak belukar adalah 55 Ton CO₂/Ha/tahun. Dengan mengetahui besarnya laju serapan per luas area per tahunnya maka dapat dilakukan penentuan berapa luas yang dibutuhkan untuk menyerap emisi CO₂ yang masih tersisa di masing-masing kecamatan.

Berdasarkan Tabel 4.30 diketahui bahwa untuk meningkatkan daya serap di beberapa kecamatan di Kabupaten Sidoarjo menurut perhitungan teknis terdapat 3 alternatif yang dapat dilaksanakan.

1. Skenario 1

Skenario satu memanfaatkan tutupan vegetasi pohon untuk meningkatkan kemampuan serapan wilayah. Berdasarkan Tabel 4.28 dapat diketahui bahwa untuk Kecamatan Porong dengan besar emisi yang tidak terserap sebesar 35.618 mg CO₂/detik, menggunakan tutupan vegetasi pohon dengan laju serapan 569,07 Ton CO₂/Ha/tahun dibutuhkan penambahan luas 1,97 Ha. Kelemahan dari skenario ini adalah masa tunggu pertumbuhan pohon yang relatif lama, sehingga akan memakan waktu beberapa tahun hingga pohon tersebut tumbuh tinggi dan berdaun lebat. Kelebihannya adalah luas lahan yang dibutuhkan sangat sedikit, sehingga dapat diterapkan di Kabupaten Sidoarjo yang saat ini sedang mengalami pembangunan dan lahan terbuka semakin sedikit.

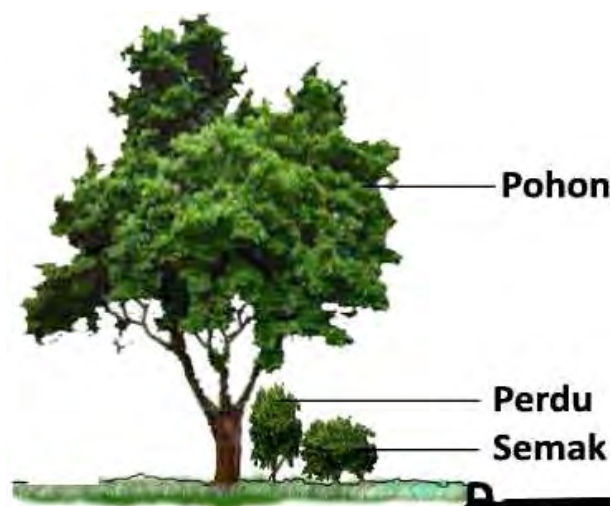
2. Skenario 2

Skenario dua memanfaatkan tutupan vegetasi pohon yang dikombinasikan perdu atau semak dengan proporsi masing-masing adalah 70% Pohon dan 30% Perdu. Dari Tabel 4.30 dapat dilihat bahwa untuk Kecamatan Porong dengan besar emisi yang tidak terserap sebesar 35.618 mg CO₂/detik, menggunakan tutupan vegetasi perdu dengan laju serapan 55 Ton CO₂/Ha/tahun dan pohon dengan laju serapan 569,07 Ton CO₂/Ha/tahun

dibutuhkan penambahan luas 7,52 Ha. Kelemahan dari skenario ini adalah masa tunggu pertumbuhan pohon yang relatif lama, dan kerumitan penentuan porsi penanaman pohon dan perdu agar mencapai serapan yang maksimal. Kelebihan dari skenario ini adalah apabila pohon belum mampu menyerap dengan maksimal karena usia dan pertumbuhan yang lama, fungsi serapan dapat di bantu dengan keberadaan perdu yang memiliki waktu tumbuh lebih cepat.

3. Skenario 3

Skenario dua memanfaatkan tutupan vegetasi pohon yang dikombinasikan perdu atau semak dengan proporsi masing-masing adalah 100%. Dari Tabel 4.30 dapat dilihat bahwa untuk Kecamatan Porong dengan besar emisi yang tidak terserap sebesar 35.618 mg CO₂/detik, menggunakan tutupan vegetasi perdu dan pohon dengan laju serapan total 624,07 Ton CO₂/ Ha/tahun dibutuhkan penambahan luas 1,8 Ha. Pola penanaman skenario ini dapat dilihat pada Gambar 4.15. Kelemahan dari skenario ini adalah masa tunggu pertumbuhan pohon yang relatif lama, dan biaya penanaman yang tinggi karena menggunakan kedua jenis tanaman. Kelebihannya adalah luas lahan yang dibutuhkan sangat sedikit, dan mempercantik tampilan taman atau RTH yang akan di buat, karena tanaman perdu dan semak dapat digunakan tanaman hias yang sesuai.



Gambar 4.16 Pola Penanaman Kombinasi 100% Pohon dan Perdu

Mengingat kondisi Kabupaten Sidoarjo yang saat ini mulai mengalami degradasi lahan terbuka dan terbatasnya lahan untuk pengembangan RTH, maka skenario intensifikasi dan skenario ekstensifikasi ke 3 memungkinkan untuk dilakukan. Penanaman perdu dapat dilakukan dengan metode penanaman vertikal untuk menghemat lahan. Pola penanaman vertikal dapat dilihat pada Gambar 4.17.



Gambar 4.17 Pola Penanaman Vertikal

Pola penanaman RTH vertikal ini selain berfungsi untuk meningkatkan kemampuan serapan emisi CO₂ juga untuk meningkatkan nilai estetika lingkungan. sehingga selain bermanfaat secara ekologis dan lingkungan juga bermanfaat secara estetika.

4.3. Aspek Ekonomi

Pada pembahasan aspek ekonomi ini, dilakukan perhitungan secara ekonomi terkait penambahan luasan RTH dalam upaya meningkatkan kemampuan serapan emisi CO₂ sesuai skenario yang direncanakan. Sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 05/PRT/M/2008 tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Perkotaan, untuk jenis tanaman yang akan ditanam pada RTH sebagai penyerap polusi sebaiknya terdiri dari pohon, perdu/semak, memiliki kegunaan untuk menyerap udara, jarak tanam rapat, bermassa daun padat.

Sesuai dengan perhitungan pada Tabel 4.31, kecamatan yang membutuhkan penambahan area RTH adalah Kecamatan Porong dan Balongbendo. Sehingga perhitungan selanjutnya dilakukan pada dua kecamatan tersebut. Dalam perhitungan biaya investasi tidak memperhatikan biaya penanaman dan

pemeliharaan tanaman. Sehingga perhitungan finansial masing-masing skenario adalah sebagai berikut:

a. Skenario 1

Perhitungan ini menggunakan Standar Satuan Harga Belanja Daerah Kota Surabaya 2012 sebagai acuan. Diasumsikan jenis pohon yang ditanam adalah seragam yakni Pohon Angsana (cangkok) dengan ketinggian $\pm 1,5$ m diameter 3 cm, area tanam pohon angšana adalah 15 m^2 , diperlukan 667 batang per Ha. Sehingga diperoleh perhitungan seperti pada Tabel 4.32.

Tabel 4.32 Hasil Perhitungan Finansial Skenario 1

No	Kecamatan	Luas RTH yang harus di tambah	Harga Perbatang	Biaya Investasi	Total
		Ha	Rp	Rp	Rp
1	Porong	1,97	90.500	118.856.667	2.116.493.333
2	Balongbendo	33,11	90.500	1.997.636.667	

Sumber: Hasil Perhitungan

b. Skenario 2

Perhitungan ini menggunakan Standar Satuan Harga Belanja Daerah Kota Surabaya 2012 sebagai acuan. Diasumsikan jenis pohon dan perdu yang ditanam adalah seragam yakni:

- Pohon Angsana (cangkok) ketinggian $\pm 1,5$ m diameter 3 cm, area tanam pohon angšana adalah 15 m^2 , diperlukan 667 batang per Ha.
- Perdu jenis Teh-tehan ketinggian kurang dari 30 cm, area tanam 3 m^2 , diperlukan 3.333 batang per Ha.

Sehingga diperoleh perhitungan seperti pada Tabel 4.33.

Tabel 4.33 Hasil Perhitungan Finansial Skenario 2

No	Kecamatan	Luas RTH yang harus di tambah	Harga Perbatang pohon	Harga Perbatang Perdu	Biaya Investasi	Total
		Ha	Rp	Rp	Rp	Rp
1	Porong	7,51	90.500	2.950	339.326.833	5.659.037.500
2	Balongbendo	125,96	90.500	2.950	5.319.710.667	

Sumber: Hasil Perhitungan

c. Skenario 3

Perhitungan ini menggunakan Standar Satuan Harga Belanja Daerah Kota Surabaya 2012 sebagai acuan. Diasumsikan jenis pohon dan perdu yang ditanam adalah seragam.

- Pohon Angsana (cangkok), ketinggian $\pm 1,5$ m diameter 3 cm, area tanam pohon angšana adalah 15 m², diperlukan 667 batang per Ha.
- Perdu jenis Teh-tehan, ketinggian kurang dari 30 cm, area tanam 3 m², diperlukan 3.333 batang per Ha.

Sehingga diperoleh perhitungan seperti pada Tabel 4.34.

Tabel 4.34 Hasil Perhitungan Finansial Skenario 3

No	Kecamatan	Luas RTH yang harus di tambah	Harga Perbatang pohon	Harga Perbatang Perdu	Biaya Investasi	Total
		Ha	Rp	Rp	Rp	Rp
1	Porong	1,80	90.500	2.950	126.300.000	2.244.631.667
2	Balongbendo	30,19	90.500	2.950	2.118.331.667	

Sumber: Hasil Perhitungan

Pemilihan skenario upaya peningkatan luasan dan daya serap RTH di Kabupaten Sidoarjo harus memenuhi aspek teknis, lingkungan dan ekonomi. Secara ekonomi diperoleh hasil bahwa dari ketiga skenario yang memiliki kebutuhan biaya terendah adalah skenario satu, yakni skenario penambahan luas RTH dengan komposisi 100% pohon dengan kebutuhan biaya sebesar Rp 2.116.493.333,00. Selanjutnya adalah skenario ke tiga dengan komposisi 100% pohon dan perdu kebutuhan biaya sebesar Rp 2.244.631.667,00. Skenario dengan kebutuhan biaya tertinggi adalah skenario dua dengan komposisi 70% pohon dan 30% perdu, kebutuhan biaya sebesar Rp 5.659.037.500,00.

Secara teknis dan lingkungan skenario tiga merupakan alternatif paling memungkinkan. Karena membutuhkan lahan penanaman paling kecil dari dua skenario yang lain. Berdasarkan perhitungan skenario 1 dibutuhkan penambahan lahan untuk Kecamatan Porong dan Balongbendo masing-masing adalah 1,97 Ha dan 33,11 Ha. Skenario 2 menyatakan dibutuhkan lahan untuk Kecamatan Porong dan Balongbendo masing-masing adalah 7,51 Ha dan 125,96 Ha. Dengan skenario

3 dibutuhkan penambahan lahan untuk Kecamatan Porong dan Balongbendo masing-masing adalah 1,8 Ha dan 30,19 Ha.

Skenario pertama apabila dilihat dari aspek ekonomi membutuhkan biaya investasi 6% lebih rendah dibandingkan dengan skenario ke tiga. Namun skenario pertama membutuhkan penambahan luas area yang lebih tinggi. Mengingat kondisi lahan di Kabupaten Sidoarjo yang semakin padat dengan pembangunan fisik. Khususnya di wilayah Kecamatan Porong yang saat ini 20% wilayahnya (640 Ha) merupakan area terdampak Lumpur Sidoarjo. Demikian halnya dengan Kecamatan Balongbendo yang merupakan salah satu wilayah pertanian di Kabupaten Sidoarjo. Sejak 2005 hingga 2009 terjadi penurunan luas lahan pertanian sebesar 8,83% yang berubah menjadi lahan terbangun. Sehingga lahan tersisa untuk pengembangan RTH semakin sempit dengan demikian dapat diasumsikan semakin susah untuk menentukan lokasi penambahan RTH. Menyikapi kondisi lingkungan tersebut, maka alternatif ke tiga lebih memungkinkan untuk di terapkan di Kabupaten Sidoarjo.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Melalui analisa dan pembahasan pada bab sebelumnya, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Luas RTH di Kabupaten Sidoarjo telah sesuai dengan Rencana Induk Kota (RIK) terhadap kebutuhan RTH yakni 30% dari luas area kabupaten.
2. Luas RTH eksisting di Kabupaten Sidoarjo dalam memenuhi fungsi serapan emisi CO₂ sudah mencukupi, namun kecukupan itu tidak merata. Dua kecamatan yang belum memenuhi yakni Kecamatan Balongbendo dan Porong belum mencukupi untuk menyerap beban emisi CO₂ di wilayahnya.
3. Secara teknis luas RTH di Kabupaten Sidoarjo 1.508.301,25 Ha sudah memenuhi persyaratan 30% dari luas wilayah kabupaten. Berdasarkan analisis aspek lingkungan dan ekonomi, dibutuhkan penambahan RTH perdu dan pohon seluas 1,8 Ha di Kecamatan Porong dan 30,19 Ha di Kecamatan Balongbendo.

5.2. Saran

Untuk menyempurnakan penelitian selanjutnya saran yang dapat diberikan yaitu:

1. Sebaiknya dilakukan analisis mengenai penghitungan kecukupan RTH dalam menyerap emisi CO₂ dengan pendekatan jenis tanaman dan dengan memperhitungkan kontribusi emisi CO₂ sektor persampahan dan Tempat Pembuangan Akhir (TPA).
2. Sebaiknya dilakukan penelitian lanjutan menggunakan *Box Model* dengan asumsi nilai besar dan arah angin kondisi yang sesungguhnya.

-Halaman ini sengaja dikosongkan-

DAFTAR PUSTAKA

- Adiastari, R. (2010). *Kajian Mengenai Kemampuan Ruang Terbuka Hijau (RTH) Dalam Menyerap Emisi Karbon Di Kota Surabaya*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Anonim. (2006). *Makalah Lokakarya IPB tentang Pengembangan Sistem RTH di Perkotaan*. Lab. Perencanaan Lanskap Departemen Arsitektur Lanskap Fakultas Pertanian – IPB.
- Anonim. (2014). *Pengertian Pendugaan Cepat (Rapid Assessment Process)*. <http://arti-definisi-pengertian.info/pengertian-pendugaan-cepat-rapid-assessment>. Diakses pada 29 November 2014 pukul 19:00.
- Anonim. (2010). *Masterplan Ruang Terbuka Hijau Kabupaten Sidoarjo*.
- Anonim. (2013). *Ekosistem, Daur Karbon*. <http://fitri-smanda.blogspot.com/2013/04/ekosistem-a.html>. Diakses pada 20 September 2014 pukul 23:34)
- Aziz, Abdul. (2010). *Pemetaan Kecukupan Vegetasi Untuk Mereduksi Konsentrasi Karbon Dioksida (CO₂) Di Kampus ITS Surabaya*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- BPPD Kabupaten Sidoarjo. (2014). *Kajian Sistem Jaringan Lalu Lintas dan Angkutan Jalan di Kabupaten Sidoarjo*. Sidoarjo: BPPD Kabupaten Sidoarjo.
- BPS Kabupaten Sidoarjo. (2013). *Kabupaten Sidoarjo Dalam Angka 2013*. Sidoarjo: BPS Jawa Timur.
- BPS Kabupaten Sidoarjo. (2014). *Kabupaten Sidoarjo Dalam Angka 2014*. Sidoarjo: BPS Jawa Timur.
- BPS Nasional. (2010). *Klasifikasi Perkotaan dan Perdesaan Di Indonesia*: BPS Indonesia.
- Budiharjo, E dan D. Sujarto. (2005). *Kota Berkelanjutan*. Bandung. Alumni
- Budiman, Arief. (2010). *Analisis Manfaat Ruang Terbuka Hijau untuk Meningkatkan Kualitas Ekosistem Kota Bogor dengan Menggunakan Metode GIS*. Tugas Akhir Departemen Arsitektur Lanskap Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor.
- Dahlan, E.N. (2004). *Membangun Kota Kebun Bernuansa Hutan Kota*. IPB Press, Bogor.
- Dahlan, E. N. (2007). *Analisis Kebutuhan Luasan Hutan Kota Sebagai Sink Gas CO₂ Antropogenik dari Bahan Bakar Minyak dan Gas di Kota Bogor dengan Pendekatan Sistem Dinamik*. Disertasi. Bogor: Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor.
- GIS Konsorsium Aceh Nias. (2007). *Modul Pelatihan ArcGIS Tingkat Dasar*.
- Hermana, J. (2003). *Orasi Ilmiah : Integrasi Ekoteknologi Dalam Program Perlindungan Lingkungan Udara Kota Surabaya*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Humas DPRD Kabupaten Sidoarjo. (2011). *Artikel Jumlah Industri Di Sidoarjo Terus Bertambah*. <http://dprd-sidoarjojab.go.id/jumlah-industri-terus-bertambah.html>. Diakses pada 31 Agustus 2014, Pukul 22:12.

- IPCC.2006.*IPCC guidelines for National greenhouse gas inventories*. In:Eggleston, H.S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., Tanabe, K. (Eds.), Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC. IPCC/OECD/IEA, Hayama, Japan.
- Johana, Feri. Dkk (2013). *Perancangan Aksi Mitigasi Untuk Mendukung Rencana Pembangunan Rendah Emisi di Kabupaten Kutai Barat, Kalimantan Timur*. Bogor: World Agroforestry Center.
- Kementrian Lingkungan Hidup Republik Indonesia. (2012). *Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional*. Jakarta.
- Kusminingrum, Nanny. (2008). *Potensi Tanaman dalam Menyerap CO₂ da CO untuk Mengurangi Dampak Pemanasan Global*. Jurnal Pemukiman, Vol. 3, No. 2.
- Masripatin, Nur., Krisfianti Ginoga. Dkk. (2010). *Pedoman Pengukuran Karbon untuk mendukung Penerapan REDD+ Di Indonesia*. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Perubahan Iklim dan Kebijakan.
- Mawardah, Luluk, dan Ririn Dian Mutfianti. (2013).*Penataan Ruang Terbuka Hijau Sebagai Cara Optimalisasi Pembeentukan Karakter Kota Studi Kasus Ruang Terbuka Hijau di Pusat Kota Pacitan*. Jurnal Eco-Teknologi UWIKA. ISSN: 2301-850X. Vol. I, Issue 2.
- Mulyadin, R. Mohammad dan R. Esa Pangersa Gusti. (2013). *Analisis Kebutuhan Luasan Area Hijau Berdasarkan Daya Serap CO₂ Di Kabupaten Karanganyar Jawa Tengah*. Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan, Vol.10, No. 4.
- Pemerintah Kabupaten Sidoarjo. (2009). *Peraturan Daerah Kabupaten Sidoarjo Nomor 6 Tahun 2009 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Sidoarjo Tahun 2009-2029*.
- Pemerintah Kota Surabaya. (2012). *Standar Satuan Harga Belanja daerah Kota Surabaya 2012*.
- Pentury, T. (2003). Disertasi: *Konstruksi Model Matematika Tangkapan CO₂ Pada Tanaman Hutan Kota*. Surabaya: Universitas Airlangga.
- Pradiptiyas, Driananta. (2011). *Analisis kecukupan ruang terbuka hijau sebagai penyerapan emisi CO₂ di Perkotaan menggunakan program stella (Studi kasus : Surabaya Utara dan Timur)*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Pradiptya, Reza. (2012). *Pemetaan Distribusi Suhu Permukaan Sebagai Dasar Pengembangan Ruang Terbuka Hijau Di Kabupaten Sidoarjo*. Skripsi. Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor.
- Pratiwi, Siti Rahmatia. (2012). *Analisis Kecukupan Ruang Terbuka Hijau Privat Permukiman Dalam Menyerap Emisi CO₂ Dan Memenuhi Kebutuhan O₂ Di Surabaya Utara (Studi Kasus : Kecamatan Kenjeran)*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Republik Indonesia. (2007). *Peraturan Menteri Dalam Negeri No. 1 Tahun 2007 tentang: Penataan Ruang Terbuka Hijau Kawasan Perkotaan*. Jakarta.

- Republik Indonesia. (2008). Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 05/PRT/M/2008 *tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Perkotaan*. Jakarta.
- Republik Indonesia. (2011). *Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 71 Tahun 2011 Tentang Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional*. Jakarta.
- Republik Indonesia. (2012). Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 05/Prt/M/2012 *tentang Pedoman Penanaman Pohon Pada Sistem Jaringan Jalan*. Jakarta.
- Retnowati, Dya Dwi. (2014). *Kinerja Pemerintah Daerah Dalam Pelaksanaan Urusan Wajib Lingkungan Hidup (Studi Kasus Pengendian Pencemaran Limbah Industri Di Sidoarjo)*. Jurnal Kebijakan dan Manajemen Publik, Vol.1, No. 1.
- Rizkatania, Radinia. (2012). *Analisis Kecukupan Ruang Terbuka Hijau (RTH) Privat Permukiman Dalam Menyerap Emisi CO₂ dan Memenuhi Kebutuhan O₂ Manusia di Surabaya Pusat (Studi Kasus: Kecamatan Tegalsari)*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Samiaji, T. (2009). *Upaya Mengurangi CO₂ di Atmosfer*. Berita Dirgantara, Vol. 10, No. 3, hal. 92-95.
- Setiawan, Agus. (2013). *Analisis Kecukupan Ruang Terbuka Hijau Berdasarkan Penyerapan Emisi CO₂ dan Pemenuhan Kebutuhan Oksigen di Kota Probolinggo*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Setiawan, Eko. (2009). *Kearifan Lokal Pola Tanam Tumpangsari Di Jawa Timur*. Jurnal Agrovigor, Vol. 2, No. 02.
- Suhendang E. (2002). *Pengantar Ilmu Kehutanan*. Bogor: Yayasan Penerbit Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor.
- Tinambunan R. S. (2006). *Analisis Kebutuhan Ruang Terbuka Hijau di Kota Pekanbaru*. Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Yusrinowati, Putri. (2012). *Analisis Kecukupan Ruang Terbuka Hijau Privat Permukiman Dalam Menyerap Co₂ Dan Memenuhi Kebutuhan O₂ Di Surabaya Timur (Studi Kasus : Kecamatan Sukolilo)*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Widyanadiari, Soegih Ratri. (2011). *Analisis Kecukupan Ruang Terbuka Hijau Sebagai Penyerap Emisi CO₂ Di Perkotaan Menggunakan Program Stella (Studi Kasus : Surabaya Pusat & Selatan)*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

-Halaman ini sengaja dikosongkan-



PEMERINTAH KABUPATEN SIDOARJO

PENYUSUNAN
RENCANA TATA RUANG WILAYAH
(RTRW)
KABUPATEN SIDOARJO
TAHUN 2009-2029

Peta 7.1

RENCANA POLA RUANG
KABUPATEN SIDOARJO

KETERANGAN :

- | | |
|--|-----------------------------|
| | Jalan Tol |
| | Jalan Arteri Primer |
| | Jalan Arteri Sekunder |
| | Jalan Kolektor Primer |
| | Jalan Kolektor Sekunder |
| | Rencana Rel Kereta Api |
| | Rencana Jalan Lingkar Luar |
| | Rencana Jalan Tol |
| | Rencana Jalan Arteri Primer |

RENCANA KAWASAN BUDIDAYA :

- Kawasan Lahan Sawah
 - Lahan Sawah Tanaman Pangan
- Kawasan Perikanan :
 - Perikanan (Tambak, Kolam, Perairan Umum)
- Kawasan Permukiman :
 - Pemukiman Perkotaan
 - Pemukiman Pedesaan
- Kawasan Perindustrian :
 - Zona Industri
 - Kawasan Industri
- Kawasan Pertambangan :
 - Kawasan Pertambangan
- Kawasan Perdagangan dan Jasa :
 - Kawasan Perdagangan dan Jasa
- Kawasan Fasilitas Umum :
 - Kawasan Terminal Purabaya
- Kawasan Pertahanan dan Keamanan :
 - Kawasan Militer

RENCANA KAWASAN LINDUNG :

- Sempadan Pantai
- Sempadan Sungai
- Kawasan Pantai Berhutan Bakau
- Cagar Budaya
- Kawasan Lindung Geologi (Terdampak Lumpur)

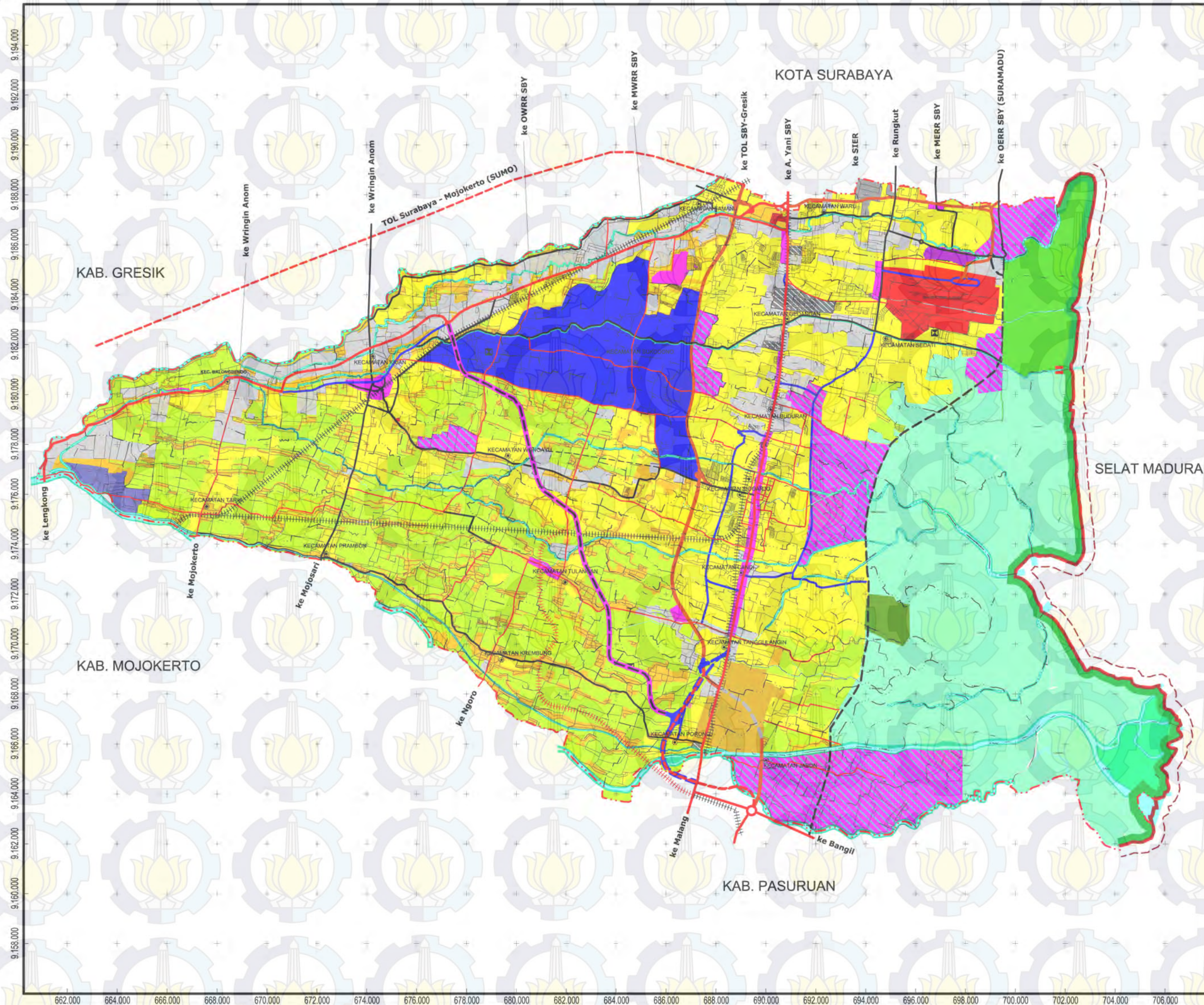
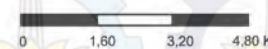
RENCANA KAWASAN STRATEGIS :

- Pulau DEM dan Objek Wisata Lain
- Kawasan Kota Baru
- Kawasan Strategis Pesisir
- Kawasan Tanik Riverside City
- Gemopolis
- Pusat Kegiatan Lokal (Sentra Sekunder) Campuran Perdagangan, Jasa, Industri dan Permukiman
- Kawasan Bandara Juanda
- Kawasan Pengembangan Utama Komoditi (KAPUK)

SUMBER: BAKOSURTANAL 2007 DAN HASIL RENCANA



SKALA :



LAMPIRAN 3

Tabel Perhitungan Daya Serap CO₂ Oleh RTH Publik

Kecamatan	Daya Serap CO ₂ Oleh RTH Publik (gram/detik)								
	Taman	Jalur Hijau, Pulau Jalan, Median Jalan	Jalur Hijau TOL	Sawah	Lapangan	Tambak	Pemukaman	Mangrove	Total
Sidoarjo	17,23	15,64	29,84	118,42	40.110,56	3.180,68	1.150.308,96	162,18	1.193.943,50
Buduran	5,40	14,06	158,73	244,29	11.112,22	-	113.563,13	-	125.097,83
Candi	0,58	2,56	95,48	395,94	7.649,17	-	83.279,63	-	91.423,36
Porong	3,20	-	-	384,87	-	-	-	-	388,07
Krembung	-	-	-	709,30	-	-	-	-	709,30
Tulangan	-	-	-	713,81	-	-	-	-	713,81
Tanggulangan	0,28	1,70	119,35	540,95	7.306,67	-	34.736,96	-	42.705,90
Jabon	-	-	-	597,45	-	638,47	-	787,12	2.023,03
Krian	0,28	0,06	4,81	664,25	27.970,83	-	151.862,85	-	180.503,08
Balongbendo	-	-	-	856,83	-	-	-	-	856,83
Wonoayu	-	-	-	804,49	-	-	-	-	804,49
Tarik	-	-	-	806,78	-	-	-	-	806,78
Prambon	-	-	-	791,87	-	-	-	-	791,87
Taman	12,44	0,56	89,51	281,15	8.981,11	-	51.455,59	-	60.820,36
Waru	0,06	5,96	-	218,16	7.002,22	-	239.109,55	-	246.335,94
Gedangan	11,24	4,26	-	258,12	3.577,22	-	56.202,97	-	60.053,81
Sedati	-	3,67	-	174,96	-	6.282,00	-	1.593,07	8.053,70
Sukodono	-	-	158,73	678,46	-	-	729.830,68	-	730.667,87
Jumlah	50,71	48,46	626,62	9.240,10	113.710,00	10.101,14	2.610.350,30	2.542,37	2.746.669,70

Sumber: Hasil Perhitungan



PEMERINTAH KABUPATEN SIDOARJO

PENYUSUNAN
RENCANA TATA RUANG WILAYAH
(RTRW)
KABUPATEN SIDOARJO
TAHUN 2009-2029

Peta 6.1

RENCANA SISTEM PERWILAYAHAN
KABUPATEN SIDOARJO

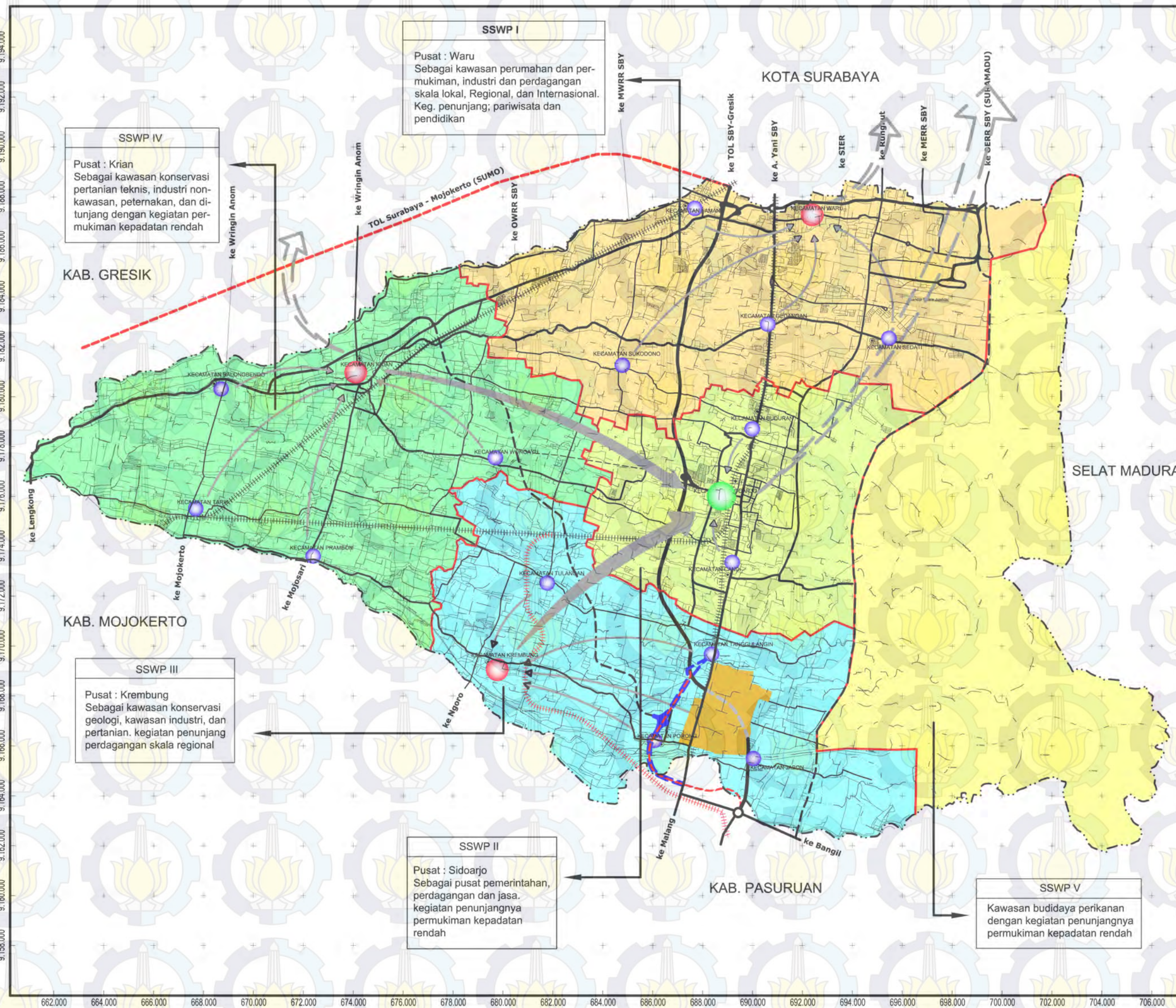
KETERANGAN :

- Kantor Kabupaten
- Kantor Kecamatan
- Batas Kabupaten
- Batas Kecamatan
- Batas Desa
- Sungai
- Rel Kereta Api
- Jalan Tol
- Jalan Arteri Primer
- Jalan Arteri Sekunder
- Jalan Kolektor Primer
- Jalan Kolektor Sekunder
- Rencana Jalan Tol
- Rencana Jalan Arteri Primer
- Rencana Jalan Lingkar Luar
- Rencana Rel Kereta Api
- Kawasan Lindung Geologi (Kawasan Terdampak Lumpur)
- Batas SSWP
- SSWP I
- SSWP II
- SSWP III
- SSWP IV
- SSWP V
- Pusat Utama / Orde I
- Pusat Kedua / Orde II
- Pusat Ketiga / Orde III
- Orientasi Regional
- Orientasi Ke Pusat Utama
- Orientasi Ke Pusat Kedua

SUMBER: BAKOSURTANAL 2007 DAN HASIL RENCANA



SKALA :



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Peta Rencana Pola Ruang Kabupaten Sidoarjo
Lampiran 2	Peta Rencana Sistem Perwilayah Kabupaten Sidoarjo
Lampiran 3	Tabel Perhitungan Daya Serap CO ₂ Oleh RTH Publik
Lampiran 4	Kuesioner RTH Privat
Lampiran 5	Hasil Pengambilan Sampel RTH Privat

-Halaman ini sengaja dikosongkan-

BIODATA PENULIS



Nama : Izzati Winda Murti

**Email : [izzatiwinda@gmail.com/](mailto:izzatiwinda@gmail.com)
izzatiwinda@yahoo.com**

Penulis lahir di Kota Surabaya pada tanggal 14 November 1989. Merupakan anak pertama dan satu-satunya dari pasangan bapak Soehermadi dan ibu Surayatul Chasanah. Pendidikan formal di tempuh di TK Dharma Wanita Perumahan Pongangan Indah Gresik, SD Muhammadiyah Gresik Kota Baru, SMP Muhammadiyah 12 Gresik, dan SMA Negeri 1 Gresik. Jenjang pendidikan Sarjana ditempuh selama 4 tahun, sejak tahun 2008 hingga tahun 2012 di Program Studi Ilmu dan Teknologi Lingkungan Universitas Airlangga sebagai angkatan pertama di program studi tersebut. Untuk dapat meraih gelar Sarjana Teknik, penulis menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Desain Ulang Tempat Penyimpanan Sementara Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (TPS LB3) 4 di PT. Petrokimia Gresik”. Selama menempuh pendidikan sarjana, penulis aktif dalam beberapa organisasi mahasiswa. Salah satunya adalah sebagai Bendahara Umum Ikatan Mahasiswa Teknik Lingkungan Indonesia. Setelah selesai menempuh pendidikan sarjana, penulis melanjutkan pendidikan Program Master di Jurusan Teknik Lingkungan ITS Tahun 2013 dan selesai pada Bulan Januari 2015.

-Halaman ini sengaja dikosongkan-



TESIS - RE142541

**Inventarisasi Dan Penentuan Kemampuan
Serapan Emisi CO₂ Oleh Ruang Terbuka Hijau
Di Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur**

IZZATI WINDA MURTI
3313 2010 03

PEMBIMBING:

Prof. Ir. Joni Hermana, MScES, PhD.
Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, M.T.

PROGRAM MAGISTER
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015



THESIS - RE142541

***Inventory and Determination of CO₂
Absorption Capability by Green Open Space in
Sidoarjo, East Java***

IZZATI WINDA MURTI
3313 2010 03

SUPERVISOR :
Prof. Ir. Joni Hermana, MScES, PhD.
Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, M.T.

MASTER PROGRAM
DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND PLANNING
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT karena dengan rahmat dan hidayah-Nya Tesis dengan judul “Inventarisasi dan Penentuan Kemampuan Serapan Emisi CO₂ Oleh Ruang Terbuka Hijau Di Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur” ini bisa terselesaikan dengan cukup baik. Pembuatan tesis ini tidak akan berjalan dengan lancar apabila tidak ada dukungan serta bantuan orang-orang sekitar. Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Ir. Joni Hermana, MScES., Ph.D. selaku pembimbing yang selalu mengarahkan dan memberi masukan dalam penyusunan tesis ini.
2. Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT. selaku co-pembimbing yang selalu mengarahkan dan memberi masukan dalam penyusunan tesis ini.
3. Abdu Fadli Assomadi, SSi., MT. yang selalu mengarahkan dan memberi masukan dalam penyusunan tesis ini.
4. Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, MSc, Dr. Ipung Fitri Purwanti, ST., MT., PhD dan Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, ST., MEPM selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan pada penyusunan tesis ini.
5. Tim Kabupaten Sidoarjo Veny Rachmawati dan Yonnet Hellian Kresna yang senantiasa kompak selama proses pengambilan data primer dan sekunder di Kabupaten Sidoarjo.
6. Teman-teman Laboratorium Pengendalian Pencemaran Udara dan Perubahan Iklim yang selalu bersedia meluangkan waktu bertukar pikiran dan informasi selama proses pembuatan tesis ini.
7. Gendewa Tunas Rancak, Cesaria Wahyu Lukita dan Praditya Sigit Ardisty Sitogasa untuk doa serta semangat bersama dalam penyusunan tesis.
8. Teman-teman angkatan 2013 program pasca sarjana Jurusan Teknik Lingkungan yang senantiasa memberi dukungan dalam pembuatan proposal ini.
9. Seluruh pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah membantu dalam pembuatan proposal ini.

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada kedua orang tua serta keluarga yang tidak pernah berhenti memberi motivasi serta doa hingga terselesaikannya tesis ini.

Penulis berharap semoga proposal ini dapat bermanfaat serta dapat dipahami oleh semua pihak.

Hormat,

Penulis

-Halaman Ini Sengaja Dikosongkan-

Testa disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (MT)

di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

oleh :

Izzati Winda Marli

Nep. 3315 201 003


Tanggal Ujian : 6 Januari 2015

Periode Wisuda : Maret 2015


Ditandatangani Oleh :


1. Prof. Joni Hermuna, MScES., PhD
NIP: 196006181958031002


(Pembimbing I)


2. Dr. Ir. Rachmat Boudinanto, MT
NIP: 196601161997031001

(Pembimbing II)


3. Prof. Dr. Ir. Niche Karnaningroem, M.Sc
NIP: 195501281985032001

(Penguji)


4. Ipong Fitri Purwanti, ST., MT., PhD
NIP: 197111142003122061

(Penguji)


5. Dr. Eng. Arle Dipureza Syafri, ST., MEPM
NIP: 198201192005011001

(Penguji)

Direktur Program Pascasarjana,




Prof. Dr. Ir. Adi Soerijanto, MT
NIP: 196404051990021001

Inventarisasi Dan Penentuan Kemampuan Serapan Emisi CO₂ Oleh Ruang Terbuka Hijau Di Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur

Mahasiswa : Izzati Winda Murti
NRP : 3313 201 003
Pembimbing : Prof. Ir. Joni Hermana, MSc.ES.PhD
Co Pembimbing : Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT.

ABSTRAK

Sidoarjo dikenal sebagai salah satu pusat industri di wilayah Jawa Timur. Peningkatan jumlah industri akan mempengaruhi aktifitas lalu lintas dan permukiman di sekitarnya. Salah satu cara untuk mengurangi emisi CO₂ adalah memanfaatkan tumbuhan untuk menyerapnya. Ruang terbuka hijau merupakan rosot karbon (*carbon sink*) yang efektif untuk mengurangi emisi CO₂ di atmosfer karena kemampuannya dalam menyerap CO₂ dan menghasilkan O₂ melalui proses fotosintesis. Berdasarkan dokumen master plan tersebut, Sidoarjo masih membutuhkan penambahan kurang lebih 4.526,18 Ha RTH publik dan 2.218 Ha RTH privat. Untuk dapat memenuhi kekurangan tersebut dibutuhkan upaya pengelolaan dan pemantauan sehingga upaya peningkatan RTH dapat berjalan dengan baik. Salah satu upaya pengelolaan yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan inventarisasi kondisi eksisting RTH di Kabupaten Sidoarjo. Sehingga dapat diketahui wilayah mana yang membutuhkan perhatian khusus dalam upaya pemenuhan standart luas area RTH.

Pada penelitian ini, langkah awal yang dilakukan adalah inventarisasi RTH eksisting baik RTH privat maupun publik yang berada di wilayah Kabupaten Sidoarjo. Kemudian dilakukan analisis kemampuan RTH dalam menyerap CO₂ berdasarkan pendekatan luas area RTH. Untuk menentukan kecukupan daya serap emisi CO₂ oleh RTH di Kabupaten Sidoarjo, dilakukan penentuan estimasi beban emisi CO₂ menggunakan Box Model. Hasil perbandingan daya serapan dengan beban emisi dipetakan untuk mengetahui persebaran kecukupan RTH di Kabupaten Sidoarjo.

Berdasarkan hasil inventarisasi diperoleh bahwa luasan RTH di Kabupaten Sidoarjo sudah melebihi 30% luas wilayahnya. Total serapan emisi CO₂ di Kabupaten Sidoarjo oleh RTH dengan pendekatan luas area juga mencukupi. Namun terdapat beberapa kecamatan yang membutuhkan penambahan luasan RTH agar dapat menyerap emisi CO₂ yang dibebankan yakni Kecamatan Porong dan Balongbendo. Sehingga dilakukan penyusunan skenario peningkatan RTH di kedua kecamatan tersebut dengan melakukan penambahan luas RTH sebesar 1,8 Ha di Porong dan 30,19 Ha di Balongbendo.

Kata kunci: Inventarisasi, Ruang Terbuka Hijau, Serapan Karbon, Sidoarjo.

-Halaman Ini Sengaja Dikosongkan-

Inventory and Determination of CO₂ Absorption Capability by Green Open Space in Sidoarjo, East Java

Student : Izzati Winda Murti
Student number : 3313 201 003
Supervisor : Prof. Ir. Joni Hermana, MSc.ES.PhD
Co Supervisor : Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT.

ABSTRACT

Sidoarjo is known as one of the industrial centers in East Java. The increasing number of industries will affect traffic activities and activities in the surrounding settlements. One way to reduce CO₂ emissions is to use plants to absorb it. Green open space is an effective carbon sinks CO₂ and produce O₂ through the process of photosynthesis. Based on the master plan document, Sidoarjo still requires the addition of 4526.18 hectares of public green space and 2,218 ha of private green space. To meet these requirements, it takes the efforts of management and monitoring so that efforts to increase green space to run well. One of the management effort is to conduct an inventory of the existing condition of green open space in Sidoarjo. So it is known which areas require special attention in order to fulfill the standard area of green space.

In this study, the initial step is an inventory of the existing green space both private and public green space located in Sidoarjo. Then performed an analysis of the ability of green open space in the area to absorb CO₂ based on the area of green space. The last step is mapping the existing presence of green space and green space absorption capability of the carbon emissions. To determine the adequacy of absorption of CO₂ emissions by RTH in Sidoarjo, the estimated burden of CO₂ emissions is determined using the method Box Model. he results of the comparison between the emission and absorption ability are then mapped to determine the adequacy of the distribution of green space in Sidoarjo.

Based on the results obtained that the inventory of green space area in Sidoarjo already exceeded 30% of the total area. The total uptake of CO₂ emissions in Sidoarjo by RTH with broad approach is also sufficient area. However, there are some districts that require the addition of green space area in order to absorb the CO₂ emissions charged, the two districts are Porong and Balongbendo. Therefore it is necessary to prepare scenarios increase green space in both these districts by adding extensive green space of 1.8 hectares in Porong and 30.19 ha in Balongbendo.

Keywords: Inventory, green open space, Carbon Uptake, Sidoarjo.

-Halaman Ini Sengaja Dikosongkan-

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Ruang Lingkup	4
1.5 Manfaat	6
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Gambaran Umum Kabupaten Sidoarjo	7
2.1.1 Kondisi Fisik Lingkungan	7
2.1.2 Keadaan Penduduk	9
2.1.3 Kondisi Pemanfaatan Lahan Kabupaten Sidoarjo	10
2.1.4 Status Wilayah Perkotaan dan Pedesaan Kabupaten Sidoarjo	11
2.1.5 Ruang Terbuka Hijau (RTH) Kabupaten Sidoarjo	12
2.2 Emisi Karbon Dioksida (CO ₂) dan Perhitungannya	14
2.2.1 Emisi Karbon Dioksida (CO ₂)	14
2.2.2 Perhitungan Emisi CO ₂	17
2.3 Emisi (CO ₂) Dengan Box Model	19
2.4 Ruang Terbuka Hijau (RTH)	22
2.4.1 Definisi	22
2.4.2 Tujuan, Fungsi dan Manfaat Ruang Terbuka Hijau (RTH)	23
2.4.3 Tipologi Ruang Terbuka Hijau (RTH)	24
2.4.4 Proporsi Ruang Terbuka Hijau (RTH)	25
2.4.5 Elemen Pengisi Ruang Terbuka Hijau (RTH)	26
2.5 Peran Tumbuhan Hijau Sebagai Penyerap CO ₂	27
2.6 Inventarisasi Serapan CO ₂ Oleh RTH	31
2.6.1 Inventarisasi Gas Rumah Kaca (GRK)	31
2.6.2 Inventarisai Serapan CO ₂	32
2.6.3 Metode Inventarisai Serapan CO ₂	33

2.7 Sistem Informasi Geografis (SIG)	34
2.8 Penelitian Terdahulu	34
 BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Umum	37
3.2 Kerangka Penelitian	38
3.3 Tahapan Penelitian	40
3.3.1. Ide Penelitian	40
3.3.2. Studi Literatur	41
3.3.3. Pengumpulan Data	41
3.3.3.1 Data Primer dan Sekunder	41
3.3.3.2 Metode Sampling	42
3.3.4. Pengolahan Data Primer dan Data Sekunder	43
3.3.5. Pembahasan	46
3.3.6. Tahap Kesimpulan dan Saran	48
 BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN	
4.1 Aspek Teknis	49
4.1.1 Inventarisasi dan Potensi Penyerapan Masing-Masing Ruang Terbuka Hijau	50
4.1.1.1 Ruang Terbuka Hijau Publik	50
4.1.1.2 Ruang Terbuka Hijau Privat	71
4.1.1.3 Luas dan Potensi Daya Serap Ruang Terbuka Hijau Total Kabupaten Sidoarjo	81
4.1.2 Sumber dan Beban Emisi CO ₂	83
4.1.2.1 Emisi CO ₂ dari Kegiatan Permukiman	83
4.1.2.2 Emisi CO ₂ dari Kegiatan Industri	89
4.1.2.3 Emisi CO ₂ dari Kegiatan Transportasi	92
4.1.2.4 Emisi CO ₂ Total	95
4.1.2.5 Penentuan Beban Emisi CO ₂ di Kabupaten Sidoarjo dengan Box Model	97
4.1.2.6 Hubungan Sumber Emisi dan Penyerapan	102
4.2. Aspek Lingkungan	104
4.3. Aspek Ekonomi	111
 BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	115
5.2 Saran	115
 DAFTAR PUSTAKA	
BIODATA PENULIS	121

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Luas Wilayah (km ²) dan Jumlah Penduduk Menurut Kecamatan Hasil Sensus Penduduk 1990, 2000, 2010	10
Tabel 2.2	Jumlah Kepala Keluarga Berdasarkan Status Wilayah Desa dan Kota di Kabupaten Sidoarjo	12
Tabel 2.3	Rencana Pemenuhan RTH Kabupaten Sidoarjo	13
Tabel 2.4	Faktor Konversi Jenis Kendaraan ke smp (satuan mobil Penumpang)	17
Tabel 2.5	Faktor Emisi Menurut Jenis Bahan Bakar	18
Tabel 2.6	Nilai NCV dan CEF untuk Kegiatan Industri	19
Tabel 2.7	Arah dan Kecepatan Rata-Rata Angin Di Kabupaten Sidoarjo	21
Tabel 2.8	Daya Serap Gas CO ₂ Berbagai Tipe Penutup Vegetasi	28
Tabel 2.9	Intensitas Cahaya.....	29
Tabel 3.1	Jenis Data Sekunder yang Dibutuhkan dan Sumber Data.....	42
Tabel 4.1	Kondisi Eksisting Beberapa RTH Pedestrian, Taman Pulau Jalan dan Median Jalan	53
Tabel 4.2	Luas Masing-Masing Jenis RTH Publik Perkecamatan Di Kabupaten Sidoarjo	56
Tabel 4.3	Laju Serapan CO ₂ oleh RTH	58
Tabel 4.4	Daya Serap Emisi CO ₂ oleh RTH Taman Kota di Kabupaten Sidoarjo	60
Tabel 4.5	Daya Serap Emisi CO ₂ Oleh RTH Luas Jalur Hijau, Pulau dan Median Jalan di Tiap Kecamatan di Kabupaten Sidoarjo	61
Tabel 4.6	Daya Serap Emisi CO ₂ Oleh RTH Jalur Hijau Jalan TOL di Tiap Kecamatan di Kabupaten Sidoarjo	63
Tabel 4.7	Daya Serap Emisi CO ₂ Oleh RTH Sawah di Tiap Kecamatan di Kabupaten Sidoarjo	64
Tabel 4.8	Daya Serap Emisi CO ₂ Oleh RTH Lapangan di Tiap Kecamatan di Kabupaten Sidoarjo	65
Tabel 4.9	Daya Serap Emisi CO ₂ Oleh RTH Tambak di Wilayah Kabupaten Sidoarjo	67
Tabel 4.10	Daya Serap Emisi CO ₂ Oleh RTH Pemakaman di Tiap Kecamatan di Kabupaten Sidoarjo	68
Tabel 4.11	Daya Serap Emisi CO ₂ Oleh RTH Mangrove di Kabupaten Sidoarjo	69
Tabel 4.12	Jumlah Sampel	72
Tabel 4.13	Data Respoden No,1	73
Tabel 4.14	Rata-Rata Tutupan (LT)Vegetasi Berdasarkan Wilayah Pedesaan dan Perkotaan Kabupaten sidoarjo.....	74

Tabel 4.15	Luas Total RTH Privat	75
Tabel 4.16	Kemampuan Serapan CO ₂	78
Tabel 4.17	Kemampuan Serapan CO ₂ Oleh RTH Privat Per Kecamatan Di pKabupaten Sidoarjo	79
Tabel 4.18	Luas dan Daya Serap RTH Kabupaten Sidoarjo	81
Tabel 4.19	Nilai NCV dan EF untuk Kegiatan Pemukiman	84
Tabel 4.20	Rata-rata Konsumsi Bahan Bakar Berdasarkan Status Wilayah	84
Tabel 4.21	Emisi CO ₂ dari Penggunaan LPG di Tiap Kecamatan	86
Tabel 4.22	Emisi CO ₂ dari Penggunaan Minyak Tanah di Tiap Kecamatan	87
Tabel 4.23	Emisi CO ₂ dari Penggunaan Kayu Bakar di Tiap Kecamatan.....	89
Tabel 4.24	Rata-Rata Emisi Karbon Tiap Jenis Industri.....	90
Tabel 4.25	Emisi Total Maisng-Masing Jenis Industri Tiap Kecamatan Di Kabupaten Sidoarjo	92
Tabel 4.26	Jumlah Kendaraan Dari Masing-Masing Jenis Bahan Bakar yang Digunakan Di Wilayah Kabupaten Sidoarjo	93
Tabel 4.27	Penentuan Emisi Sektor Transportasi	95
Tabel 4.28	Emisi CO ₂ Total	96
Tabel 4.29	Beban Emisi CO ₂ di Tiap Kecamatan	101
Tabel 4.30	Resultan Emisi dan Serapan.....	103
Tabel 4.31	Skenario Ekstensifikasi Ruang Terbuka Hijau.....	108
Tabel 4.32	Hasil Perhitungan Finansial Skenario 1.....	112
Tabel 4.33	Hasil Perhitungan Finansial Skenario 2.....	112
Tabel 4.34	Hasil Perhitungan Finansial Skenario 3.....	113

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Peta Administrasi Kabupaten Sidoarjo.....	8
Gambar 2.2	Persentase Persebaran Penduduk di Kabupaten Sidoarjo.....	9
Gambar 2.3	Pemenuhan RTH Di Kabupaten Sidoarjo	13
Gambar 2.4	Salah Satu Jalur Hijau dan Alun-Alun Kabupaten Sidoarjo	14
Gambar 2.5	Prosentase Gas Rumah Kaca di Atmosfer.....	15
Gambar 2.6	Siklus Karbon Di Atmosfer	16
Gambar 2.7	Visualisasi Box Model	19
Gambar 2.8	Tipologi RTH (Sumber: Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 05/PRT/M/2008 tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau Di Kawasan Perkotaan).....	24
Gambar 2.9	Contoh Tata Letak Jalur Hijau Jalan	24
Gambar 2.10	Pola Peletakan RTH Jalur Hijau.....	25
Gambar 2.11	Bagan Proporsi RTH Kawasan Perkotaan	26
Gambar 3.1	Kerangka Penelitian	40
Gambar 2.10	Contoh Tata Letak Jalur Hijau Jalan	24
Gambar 2.11	Pola Peletakan RTH Jalur Hijau.....	25
Gambar 2.12	Bagan Proporsi RTH Kawasan Perkotaan	27
Gambar 3.1	Kerangka Penelitian	39
Gambar 3.2	Visualisasi Penentuan Persentase Kerapatan Tajuk	45
Gambar 4.1	Gambaran Jalur Hijau di Kabupaten Sidoarjo	51
Gambar 4.2	Pola penanaman Pohon Tidak Rapat di Jalur TOL Sidoarjo	63
Gambar 4.3	Kondisi Eksisting Vegetasi RTH Tambak	66
Gambar 4.4	Persentase Daya Serap CO ₂ Oleh RTH Publik Perkecamatan Di Kabupaten Sidoarjo	70
Gambar 4.5	Persentase Rata-Rata Luas Tutupan Vegetasi Per Satatus Wilayah.....	76
Gambar 4.6	Luas RTH Privat Eksisting dan Syarat Luas Minimal Sesuai Peraturan.....	77
Gambar 4.7	Kemampuan Serapan CO ₂ Oleh RTH Privat Per Kecamatan di Kabupaten Sidoarjo	80
Gambar 4.8	Peta Total Luas Ruang Terbuka Hijau Perkecamatan Di Kabupaten Sidoarjo.....	82
Gambar 4.9	Kemampuan Serapan Emisi CO ₂ Oleh Ruang Terbuka Hijau Perkecamatan Di Kabupaten Sidoarjo.....	83
Gambar 4.10	Prosentase Rata-rata Penggunaan Bahan Bakar Tiap Wilayah ...	85
Gambar 4.11	Perbandingan Emisi CO ₂ dari Sektor Transportasi, Industri dan Pemukiman	96
Gambar 4.12	Visualisasi <i>Box Model</i> Permukiman	97

Gambar 4.13	Peta Beban Emisi CO ₂	102
Gambar 4.14	Peta Resultan Emisi CO ₂	104
Gambar 4.15	Bentuk Pemanfaatan Atap sebagai <i>Roof Garden</i>	107
Gambar 4.16	Pola Penanaman Kombinasi 100% Pohon dan Perdu	110
Gambar 4.17	Pola Penanaman vertikal	111

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Peta Rencana Pola Ruang Kabupaten Sidoarjo
Lampiran 2	Peta Rencana Sistem Perwilayah Kabupaten Sidoarjo
Lampiran 3	Tabel Perhitungan Daya Serap CO ₂ Oleh RTH Publik
Lampiran 4	Kuesioner RTH Privat
Lampiran 5	Hasil Pengambilan Sampel RTH Privat

-Halaman ini sengaja dikosongkan-

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sidoarjo merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Jawa Timur yang mengalami perkembangan pesat terutama di bidang industri, perdagangan, dan jasa. Sidoarjo dikenal sebagai penyangga utama Kota Surabaya, hal ini disebabkan oleh letak Kabupaten Sidoarjo berbatasan dengan Kota Surabaya yang menyebabkan Kabupaten Sidoarjo mendapat limpahan pengembangan ekonomi akibat hubungan kegiatan perekonomian antara Kabupaten Mojokerto, Malang, dan Pasuruan dengan Kota Surabaya (Pradipta, 2012). Apabila ditilik dari aspek lingkungan dan ekonomi, kondisi geografi tersebut menimbulkan dampak positif maupun negatif. Hal ini menjadikan Kabupaten Sidoarjo sebagai salah satu daerah yang perlu mendapatkan perhatian, khususnya keseimbangan lingkungan antara beban emisi CO₂ dari kegiatan antropogenik dengan serapannya.

Sidoarjo dikenal sebagai salah satu pusat industri di wilayah Jawa Timur. Humas DPRD Kabupaten Sidoarjo menyatakan, pertumbuhan industri di Sidoarjo mengalami kenaikan meski terjadi bencana Lumpur Sidoarjo. Selama empat tahun, tercatat pertumbuhan industri di Sidoarjo naik cukup signifikan. Pada 2007 sebanyak 10.252 unit, 2008 tumbuh menjadi 14.079 unit usaha. Begitu juga pada 2009 dan 2010, naik masing-masing menjadi 15.838 dan 15.938 unit usaha. Peningkatan jumlah industri akan mempengaruhi aktifitas lalu lintas dan permukiman di sekitarnya. Sehingga emisi CO₂ yang ditimbulkan dari aktifitas sehari-hari ini akan semakin meningkat.

Untuk mengatasi masalah tersebut harus dilakukan upaya penstabilan konsentrasi CO₂ di atmosfer pada tingkat yang tidak membahayakan sistem. Salah satu upaya untuk menjaga dan mengendalikan konsentrasi gas CO₂ adalah dengan menambah luasan Ruang Terbuka Hijau (RTH) hutan kota (Dahlan, 2004). Ruang terbuka hijau merupakan resor karbon (*carbon sink*) yang efektif untuk mengurangi emisi CO₂ di atmosfer karena kemampuannya dalam menyerap CO₂

dan menghasilkan O₂ melalui proses fotosintesis. Interaksi paling penting antara RTH dengan CO₂ adalah melalui fotosintesis yang dilakukan oleh tumbuhan di dalamnya. Melalui proses ini, secara alami RTH akan mengkonsumsi CO₂ yang selanjutnya akan dikonversi menjadi oksigen (O₂).

Sesuai dengan UU No.26 tahun 2007 Tentang Penataan Ruang bahwa perlu penyediaan dan pemanfaatan ruang terbuka hijau, yang proporsi luasannya ditetapkan paling sedikit 30 (tiga puluh) persen dari total wilayah kota dengan porsi 20% sebagai RTH publik dan 10% sebagai RTH privat, yang diisi oleh tanaman, baik yang tumbuh secara alamiah maupun yang sengaja ditanam. Faktanya RTH di Sidoarjo yang bisa dinikmati masyarakat pada tahun 2009 masih minim dan belum mencapai 30% luas wilayah keseluruhan. Kepala Dinas Kebersihan dan Pertamanan (DKP) Sidoarjo menyatakan Sidoarjo masih kekurangan RTH yang bisa difungsikan untuk kegiatan masyarakat. Pada tahun 2009 kawasan penyangga wilayah Surabaya ini hanya memiliki lima taman. Kelima taman tersebut adalah Alun-alun Kota, Mangundiprojo, Pahlawan, Pondok Jati dan Simpang Gelanggang Olah Raga Delta. Luas taman tak lebih dari empat hektar. Sesuai aturan yang ada, daerah harus menerapkan 30% RTH dari luasan wilayah, 20% RTH yang bisa difungsikan untuk publik dan 10% RTH privat.

Berdasarkan master plan ruang terbuka hijau tahun 2010, diketahui bahwa pengelolaan RTH di Kabupaten Sidoarjo belum maksimal. Berdasarkan dokumen master plan tersebut, Sidoarjo masih membutuhkan penambahan kurang lebih 4.526,18 Ha RTH publik dan 2.218 Ha RTH privat. Untuk dapat memenuhi kekurangan tersebut dibutuhkan upaya pengelolaan dan pemantauan sehingga upaya peningkatan RTH dapat berjalan dengan baik. Salah satu upaya pengelolaan yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan inventarisasi kondisi eksisting RTH di Kabupaten Sidoarjo. Sehingga dapat diketahui wilayah mana yang membutuhkan perhatian khusus dalam upaya pemenuhan standart luas area RTH.

Salah satu fungsi intrinsik keberadaan RTH adalah sebagai resor karbon. Belum tersedia data yang mampu memberikan informasi mengenai kemampuan RTH di Sidoarjo dalam menyerap emisi CO₂. Belum terdapat kumpulan data yang

dapat memberikan informasi baik tingkat kemampuan serapan CO₂ oleh RTH maupun perubahan yang terjadi terhadap luasan RTH di Kabupaten Sidoarjo dari tahun ke tahun. Hal tersebut juga merupakan alasan yang mendorong diperlukannya inventarisasi dan penentuan serapan karbon oleh RTH di Kabupaten Sidoarjo. Sehingga dapat diketahui persebaran, kondisi dan kecukupan RTH eksisting di Kabupaten Sidoarjo dalam menyerap emisi CO₂.

Menurut Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 71 Tahun 2011 Tentang Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca (GRK) Nasional, inventarisasi serapan karbon termasuk dalam kegiatan inventarisasi GRK. Dalam peraturan tersebut disebutkan bahwa inventarisasi GRK adalah kegiatan untuk memperoleh data dan informasi mengenai tingkat, status, dan kecenderungan perubahan emisi GRK secara berkala dari berbagai sumber emisi (*source*) dan penyerapnya (*sink*) termasuk simpanan karbon (*carbon stock*).

Adanya kegiatan inventarisasi serapan karbon ini sangat bermanfaat dalam mendukung aktifitas penurunan emisi gas rumah kaca, khususnya emisi CO₂ di Kabupaten Sidoarjo. Tujuan diadakannya inventarisasi dan penentuan serapan karbon ini adalah untuk mendapatkan informasi mengenai tingkat serapan karbon di Kabupaten Sidoarjo oleh RTH. Dengan demikian dapat diketahui kecukupan RTH di Kabupaten Sidoarjo sebagai penyerap emisi karbon. Seiring dengan itu dapat dilakukan upaya penyeimbangan antara tingkat emisi CO₂ di wilayah Kabupaten Sidoarjo dengan serapannya.

Pentingnya keberadaan RTH kota sebagai serapan emisi CO₂, telah dibuktikan dalam beberapa penelitian. Peningkatan luasan pohon pelindung dan mengoptimalkan pemeliharaan terhadap RTH publik mampu meningkatkan daya serap terhadap CO₂ sebesar 1,14% di wilayah Surabaya Utara, 1,13% di wilayah Surabaya Timur (Pradiptyas, 2011), 2,08% di wilayah Surabaya Pusat dan sebesar 1,42% di wilayah Surabaya Selatan (Widyanadiari, 2011).

Pratiwi (2012) dalam Analisis kecukupan ruang terbuka hijau privat pemukiman dalam menyerap emisi CO₂ dan memenuhi kebutuhan O₂ di Surabaya Utara (Studi kasus: Kecamatan Kenjeran) menyatakan kemampuan serapan CO₂ RTH privat eksisting di Kecamatan Kenjeran untuk tipe rumah sederhana adalah

0,0001408 g/detik, rumah menengah 0,0009187 g/detik dan rumah mewah 0,0005520 g/detik.

Analisis kecukupan daya serap emisi CO₂ oleh RTH ini dilakukan berdasarkan tiga aspek. Yakni aspek teknis, aspek ekonomi. Secara teknis akan dibahas tentang kecukupan luas dan kemampuan serapan RTH di Kabupaten Sidoarjo. Dengan dilakukan inventarisasi serta penentuan estimasi kecukupan RTH berdasarkan kemampuan penyerapan karbonnya maka akan diketahui wilayah yang membutuhkan penambahan Kondisi RTH ini akan membawa pengaruh pada kondisi lingkungan, oleh karena itu dilakukan analisis aspek lingkungan dari kecukupan RTH. Seiring dengan itu, dibutuhkan adanya alternatif-alternatif untuk mendukung upaya pemenuhan kebutuhan RTH. Maka dilakukan pembuatan skenario penambahan RTH sesuai wilayah yang membutuhkan perhatian khusus. Pembuatan alternatif-alternatif tersebut diikuti dengan perhitungan secara ekonomi. Dengan demikian dapat diketahui alternatif paling baik dari ketiga aspek.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Apakah luas ruang terbuka hijau di Kabupaten Sidoarjo telah sesuai dengan Rencana Induk Kota (RIK) terhadap kebutuhan RTH?
2. Bagaimanakah kecukupan RTH eksisting dalam menyerap emisi CO₂ dan pemetaan daya serap emisi CO₂ di wilayah Kabupaten Sidoarjo?
3. Bagaimanakah kajian aspek teknis, lingkungan dan ekonomi dalam mendukung kecukupan RTH di Kabupaten Sidoarjo?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengidentifikasi luas ruang terbuka hijau di Kabupaten Sidoarjo sesuai dengan Rencana Induk Kota (RIK) terhadap kebutuhan ruang terbuka hijau.
2. Menganalisis dan memetakan kecukupan RTH eksisting dalam menyerap emisi CO₂ di wilayah Kabupaten Sidoarjo.

3. Mengkaji aspek teknis, lingkungan dan ekonomi dalam mendukung kecukupan RTH di Kabupaten Sidoarjo.

1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini dilakukan untuk melakukan inventarisasi dan menentukan kemampuan serapan CO₂ dari RTH yang tersebar di seluruh wilayah Kabupaten Sidoarjo.
2. Data luas dan persebaran ruang terbuka hijau yang digunakan untuk penelitian adalah data ruang terbuka hijau yang dikelola oleh Pemerintah Kabupaten Sidoarjo termasuk di dalamnya ruang terbuka hijau yang berada di pemukiman di wilayah Kabupaten Sidoarjo.
3. Inventarisasi serapan CO₂ oleh RTH publik dilakukan dengan pendekatan luasan RTH publik yang ada di Kabupaten Sidoarjo.
4. Inventarisasi serapan CO₂ oleh RTH privat dilakukan dengan pendekatan luasan lahan Ruang Terbuka Hijau Privat pekarangan di Permukiman di Kabupaten Sidoarjo.
5. Wilayah penelitian ini adalah di Kabupaten Sidoarjo (18 Kecamatan).
6. Daya serap CO₂ oleh RTH yang dihitung dalam penelitian ini adalah daya serap pohon dan perdu.
7. Dalam analisis kemampuan penyerapan CO₂ tidak memperhitungkan umur tanaman dan perubahan iklim.
8. Ruang Terbuka Hijau Publik yang diamati adalah Taman Kota, sawah, tambak, lapangan, pemakaman, mangrove dan Jalur Hijau (berdasarkan ketersediaan data milik daerah Kabupaten Sidoarjo).
9. Rencana Induk Kota (RIK) Kabupaten Sidoarjo terhadap kebutuhan ruang terbuka hijau tercantum dalam Peraturan Daerah Kabupaten Sidoarjo Nomor 6 Tahun 2009 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Sidoarjo Tahun 2009-2029. Yang mengacu pada Undang-Undang Penataan Ruang Nomor 26 Tahun 2007 dan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 5 Tahun 2008 Tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau Di Kawasan Perkotaan.

10. Sumber emisi CO₂ primer yang dijadikan kontributor dalam perhitungan adalah emisi dari penggunaan bahan bakar di sektor permukiman, transportasi dan industri di Kabupaten Sidoarjo. Data diperoleh dari data sekunder dan hasil survey.
11. Beban emisi dihitung dengan metode Box Model dengan asumsi penyebaran linier (arah timur).
12. Beberapa aspek yang digunakan dalam penelitian ini adalah:
 - Aspek teknis
 - a. Luasan tutupan vegetasi di RTH Publik
 - b. Luasan tutupan perdu dan jenis pohon RTH privat
 - Aspek lingkungan
 - a. Dampak yang ditimbulkan akibat kurangnya RTH bagi lingkungan
 - b. Upaya adaptasi dan mitigasi dampak
 - Aspek ekonomi

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Memperoleh informasi mengenai persebaran, kondisi dan kecukupan RTH eksisting di Kabupaten Sidoarjo dalam menyerap emisi CO₂ yang dihasilkan di Kabupaten Sidoarjo.
2. Sebagai masukan bagi instansi pemerintah maupun peneliti mengenai metode yang sesuai ditinjau dari ketersediaan data milik daerah dalam perhitungan dan penentuan kecukupan RTH di Kabupaten Sidoarjo.
3. Sebagai masukan dan bahan pertimbangan kepada instansi pemerintah dalam penataan ruang Kabupaten Sidoarjo juga kepada masyarakat setempat mengenai pentingnya keberadaan RTH.
4. Sebagai informasi dan pelengkap upaya ekoregion Jawa Timur

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Gambaran Umum Kabupaten Sidoarjo

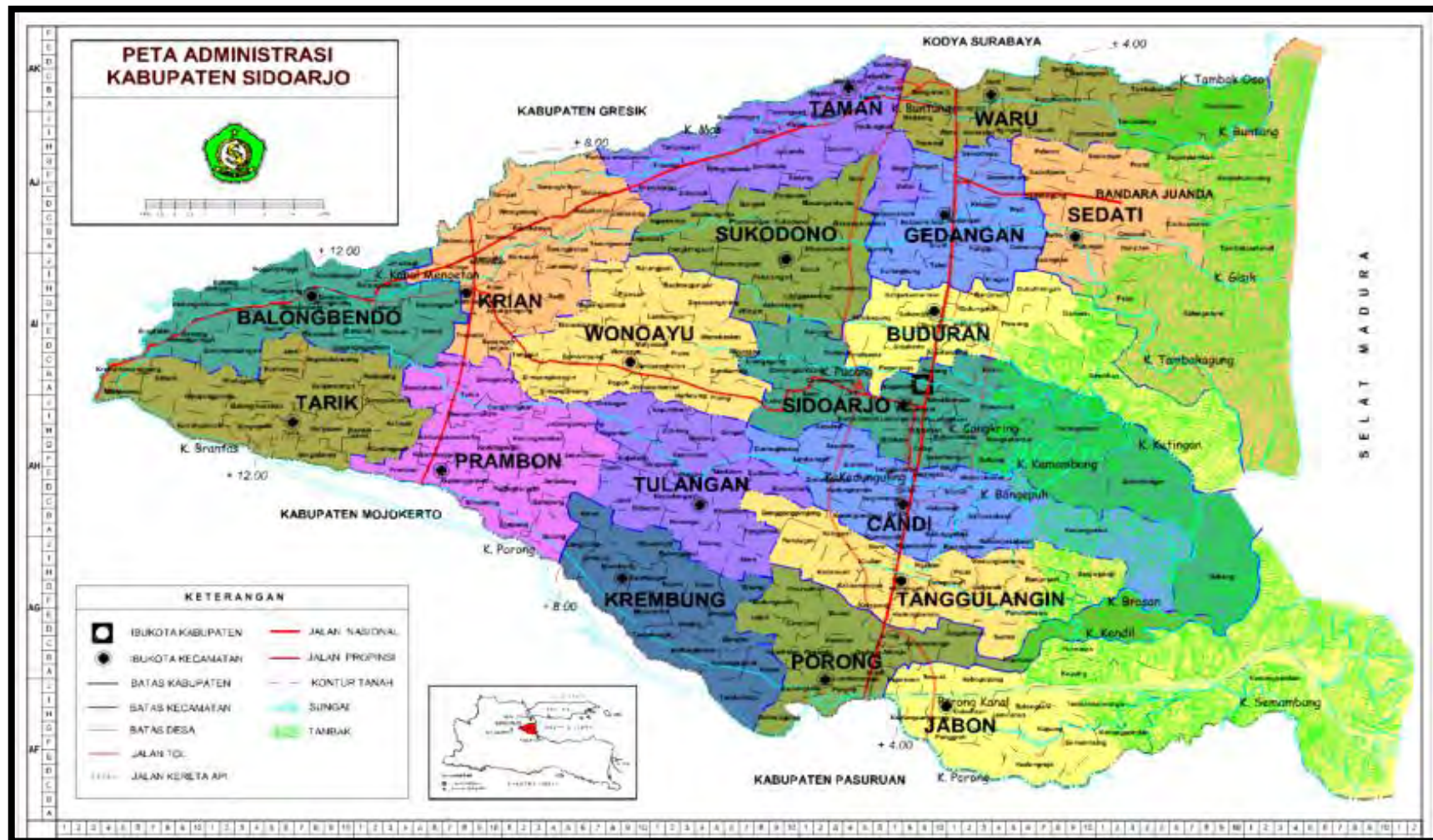
Sidoarjo merupakan kabupaten yang berada di Provinsi Jawa Timur. Sidoarjo adalah Kabupaten yang dihipit dua sungai, sehingga terkenal dengan kota “Delta”. Secara geografis letak Kabupaten Sidoarjo berada di antara 7° 3’ - 7° 5’ Lintang Selatan dan 112° 5’ - 112° 9’ Bujur Timur. Peta batas administratif Kabupaten Sidoarjo dapat dilihat pada Gambar 2.1. Kabupaten Sidoarjo terdiri atas 18 kecamatan, 322 desa dan 31 kelurahan. Kabupaten Sidoarjo memiliki luas wilayah 71.424,25 ha dengan batas-batas wilayah administrasi sebagai berikut:

Sebelah utara	: Kotamadya Surabaya dan Kabupaten Gresik
Sebelah timur	: Selat Madura
Sebelah selatan	: Kabupaten Pasuruan
Sebelah barat	: Kabupaten Mojokerto

2.1.1. Kondisi Fisik Lingkungan

Wilayah Kabupaten Sidoarjo berada di dataran rendah. Ditinjau dari topografi, Kabupaten Sidoarjo merupakan dataran delta dengan ketinggian antara 0-25 m. Wilayah bagian timur memiliki ketinggian 0-3 m dengan luas 19.006 ha (29,99%) merupakan daerah pantai dan pertambakkan. Wilayah bagian tengah, yang berair tawar (40,81%) dengan ketinggian 3-10 m dari permukaan laut merupakan daerah pemukiman, perdagangan dan pemerintahan. Wilayah bagian barat, meliputi 29,20%, dengan ketinggian 10-25 m dari permukaan laut merupakan daerah pertanian.

Kabupaten Sidoarjo beriklim tropis dan mengenal 2 musim yaitu musim kemarau dan musim penghujan. Kabupaten Sidoarjo memiliki suhu udara berkisar antara 20 °C hingga 35 °C. Kelembaban udara di Kabupaten Sidoarjo berkisar antara 51-89 %, serta kecepatan angin sebesar 25 km/jam.

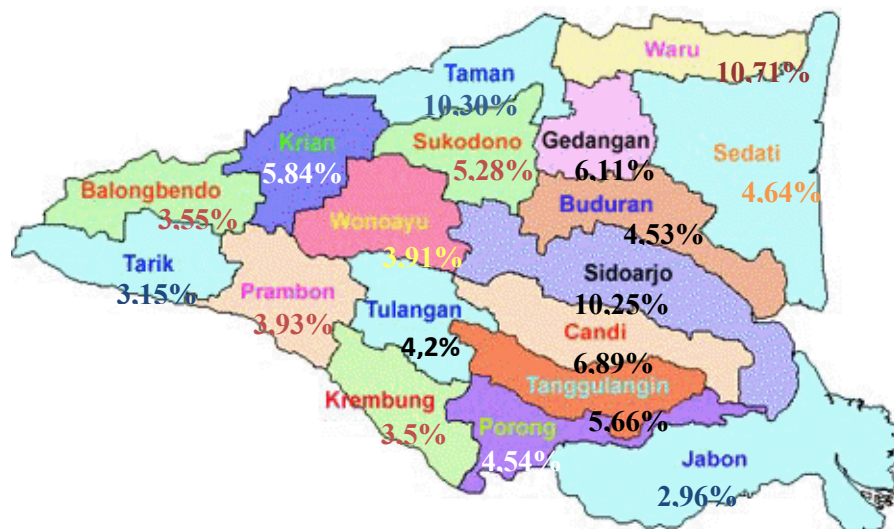


Gambar 2.1 Peta Administrasi Kabupaten Sidoarjo

2.1.2. Keadaan Penduduk

Penduduk Kota Sidoarjo pada akhir tahun 2011, berdasarkan data dari registrasi penduduk, sebanyak 1.964.761 jiwa dengan kepadatan penduduk Sidoarjo 1.480.075 jiwa/km². Penduduk laki-laki sebanyak 733.075 jiwa dan penduduk perempuan sebanyak 747.503 jiwa (BPS Sidoarjo 2014). Mata pencaharian penduduk Kabupaten Sidoarjo di sektor perikanan dan kelautan, pertanian, industri dan jasa.

Gambar 2.2 menggambarkan persebaran penduduk di Kabupaten Sidoarjo. Persentase tertinggi adalah di Kecamatan Waru yakni sebesar 10,71% dari keseluruhan penduduk di Kabupaten Sidoarjo. Tertinggi ke dua adalah Kecamatan Taman dengan persentase 10,30% dan tertinggi ketiga adalah Kecamatan Sidoarjo 10,25%. Dapat dilihat bahwa selain tiga kecamatan tersebut, persebaran penduduk di Kabupaten Sidoarjo cukup merata. Kecamatan dengan persentase paling kecil adalah Kecamatan Jabon dengan persentase sebesar 2,96%.



Gambar 2.2 Persentase Persebaran Penduduk di Kabupaten Sidoarjo

Informasi mengenai jumlah penduduk menurut kecamatan di Kabupaten Sidoarjo berdasarkan hasil sensus penduduk tahun 1990, 2000, dan 2010 dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Luas Wilayah (km²) dan Jumlah Penduduk Menurut Kecamatan Hasil Sensus Penduduk 1990, 2000, 2010

No.	Kecamatan	Luas Wilayah	Tahun		
			1990	2000	2010
1	Sidoarjo	62,56	101.586	146.615	194.051
2	Buduran	41,03	44.844	a 65.164	92.334
3	Candi	40,67	60.794	92.897	145.146
4	Porong	29,82	58.933	69.337	65.909
5	Krembung	29,55	45.978	53.039	58.358
6	Tulangan	31,21	58.327	67.308	87.422
7	Tanggulangun	32,29	56.597	71.149	84.580
8	Jabon	81,00	42.471	47.683	49.989
9	Krian	32,50	73.245	88.572	118.685
10	Balongsendo	31,40	47.441	57.357	66.865
11	Wonoayu	33,92	50.530	61.666	72.009
12	Tarik	36,06	46.472	53.645	60.977
13	Prambon	34,23	53.212	60.924	68.336
14	Taman	31,54	122.393	176.704	212.857
15	Waru	30,32	139.050	210.426	231.298
16	Gedangan	24,06	73.244	106.630	132.847
17	Sedati	79,43	45.458	67.469	92.468
18	Sukodono	32,68	46.892	66.430	111.121
16	Gedangan	24,06	73.244	106.630	132.847
Jumlah		714,27	1.167.467	1.563.015	1.945.252
Kabupaten Gresik		1.137,05	856.853	996.608	1.177.201
Kabupaten Mojokerto		826,72	787.015	904.274	1.023.526
Kota Mojokerto		16,48	99.955	109.164	120.132
Kota Surabaya		274,06	2.483.871	2.588.816	2.765.908
Jawa Timur		44.344,85	32.503.813	34.525.588	37.476.011
Indonesia Daratan		1.910.931,32	179.321.641	203.438.199	237.105.051

Sumber: Badan Pusat Statistik Kabupaten Sidoarjo, 2013

2.1.3. Kondisi Pemanfaatan Lahan Kabupaten Sidoarjo

Penggunaan lahan di Kabupaten Sidoarjo terdiri dari penggunaan untuk kawasan lindung maupun kawasan budidaya. Berdasarkan dokumen Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Sidoarjo tahun 2009-2029, prosentase penggunaan tanah di Kabupaten Sidoarjo, yaitu berupa permukiman (26,65%), kebun (4,97%), industri (1,75%), lahan sawah (32,39%), pekarangan/tanah kosong/ yasan/ pematangan tanah (3,61%), kolam/tambak (26,14%), fasum (1,12%), bakau(1,41%), ruang terbuka hijau (0,66%) dan lain-lain (1,61%).

Penggunaan lahan terbesar Kabupaten Sidoarjo adalah pertanian atau sawah yang luasnya mencapai 23.139 Ha. Tingginya penggunaan lahan pertanian tersebut disebabkan Kabupaten Sidoarjo merupakan daerah delta yang sangat subur. Aktifitas pertanian di Kabupaten Sidoarjo selain untuk tanaman padi juga untuk menanam tebu, sayuran atau palawija, serta buah-buahan.

Penggunaan lahan terbesar kedua adalah untuk permukiman dengan luas 19037,987 Ha. Perkembangan permukiman di Kabupaten Sidoarjo terjadi tidak merata. Pertumbuhan permukiman yang terjadi dengan cepat antara lain berada di Kecamatan Sidoarjo, Kecamatan Taman, Kecamatan Waru dan Kecamatan Sedati, sebagai akibat dari adanya kegiatan industri dan Bandara Juanda.

Aktivitas ekonomi sektor industri juga memanfaatkan lahan yang cukup besar di Kabupaten Sidoarjo, yaitu seluas 1.253,37 Ha, di mana lokasinya tersebar di seluruh kecamatan. Lokasi industri yang berupa kawasan terdapat pada Kawasan Industri Berbek dan Kawasan Industri Tambak Sawah di Kecamatan Waru, kawasan industri di Kecamatan Gedangan, dan Kecamatan Jabon. Sedangkan aktivitas industri non kawasan lokasinya tersebar di setiap kecamatan. Untuk industri kecil nonformal atau kerajinan rakyat, lokasinya paling banyak terdapat di Kecamatan Waru, Kecamatan Taman, dan Kecamatan Sidoarjo.

2.1.4. Status Wilayah Perkotaan dan Pedesaan Kabupaten Sidoarjo

Berdasarkan Peraturan Kepala Badan Pusat Statistik Nomor 37 Tahun 2010 tentang Klasifikasi Perkotaan dan Pedesaan Di Indonesia, definisi Perkotaan adalah status suatu wilayah administrasi setingkat desa atau kelurahan yang memenuhi kriteria klasifikasi wilayah perkotaan. Pedesaan adalah status suatu wilayah administrasi setingkat desa/kelurahan yang belum memenuhi kriteria klasifikasi wilayah perkotaan.

Di Kabupaten Sidoarjo pembagian status wilayah perkotaan dan pedesaan telah diatur berdasarkan Peraturan Daerah Kabupaten Sidoarjo Nomor 6 Tahun 2009 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Sidoarjo Tahun 2009-2029. Disebutkan bahwa kawasan perkotaan adalah kawasan yang mempunyai kegiatan utama bukan pertanian dengan susunan fungsi kawasan sebagai tempat

permukiman perkotaan, pemusatan dan distribusi pelayanan jasa pemerintah, pelayanan sosial dan kegiatan ekonomi.

Kawasan pedesaan di Kabupaten Sidoarjo meliputi wilayah Kecamatan Sedati, Candi, Tanggulangin, Krian, Tarik, Prambon, Wonoayu, Sukodono, Tulangan, Krembung, dan Balongbendo. Kawasan permukiman perkotaan di Kabupaten Sidoarjo meliputi wilayah yang ada di Kecamatan Waru, Sedati, Buduran, Gedangan, Sidoarjo, Candi, Tanggulangin, Jabon, Taman, Krian, Balongbendo, Krembung, Tarik, Prambon, Wonoayu, Sukodono, Porong, dan Tulangan. Kawasan permukiman tidak pada atau menggunakan lahan sawah yang sudah ada dan atau mengalihfungsikan sawah yang ada.

Tabel 2.2 Jumlah Kepala Keluarga Berdasarkan Status Wilayah Desa dan Kota di Kabupaten Sidoarjo

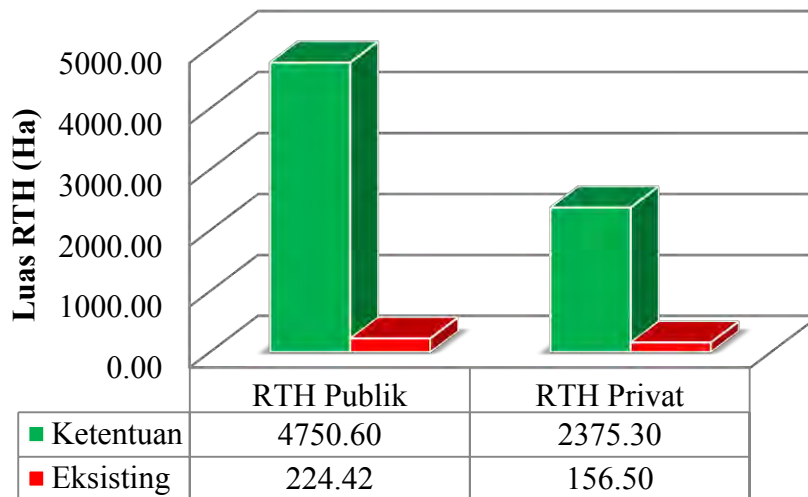
Kecamatan	Perkotaan/Perdesaan		
	Perkotaan	Perdesaan	Perkotaan & Perdesaan
Tarik	8.953	7.327	16.280
Prambon	13.931	4.259	18.190
Krembung	12.105	2.641	14.746
Porong	12.435	3.508	15.943
Jabon	7.820	4.706	12.526
Tanggulangin	18.876	1.741	20.617
Candi	35.867	1.708	37.575
Tulangan	21.690	876	22.566
Wonoayu	15.722	2.405	18.127
Sukodono	26.944	1.761	28.705
Sidoarjo	50.524	0	50.524
Buduran	22.060	3.478	25.538
Sedati	22.898	1.957	24.855
Waru	64.925	587	65.512
Gedangan	39.235	0	39.235
Taman	56.968	0	56.968
Krian	27.624	2.831	30.455
Balong Bendo	13.789	3.306	17.095
Kabupaten Sidoarjo	472.366	43.091	515.457

Sumber: Badan Pusat Statistik Kabupaten Sidoarjo, 2013

2.1.5. Ruang Terbuka Hijau (RTH) Kabupaten Sidoarjo

Menurut Masterplan RTH Kabupaten Sidoarjo tahun 2010 luasan RTH eksisting di Sidoarjo pada tahun 2010 adalah seluas 380,92 ha. Luas wilayah

administratif Kabupaten Sidoarjo adalah seluas 71.424,25 Ha, sehingga luas RTH eksisting saat itu hanyalah 5,33% dari luas wilayah kabupaten.



Gambar 2.3 Pemenuhan RTH Di Kabupaten Sidoarjo (*Sumber: Anonim, 2010*)

Tabel 2.3 Rencana Pemenuhan RTH Kabupaten Sidoarjo

No.	Jenis RTH	Eksisting (ha)	Rencana (ha)
1	Koridor Jalan	28,99	199,66
2	Taman Skala Kota	13,87	-
3	Taman Skala Kecamatan	29,78	-
4	Taman Skala Kelurahan	-	138,76
5	Lapangan	32,80	9,50
6	Hutan Kota	0,89	188,70
7	Pemukaman	117,23	15,40
8	Sempadan Sungai	-	660,08
9	Sempadan Rel	-	545,50
10	Sempadan SUTT dan SUTET	-	73,76
11	Buffer Kawasan Industri	-	441,83
12	Terminal	0,86	-
13	Taman Perumahan Real Estate, Permukiman serta Perdagangan dan Jasa	156,50	46,95
Luas Total		380,92	2.320,14

Sumber: Anonim, 2010

Tabel 2.3 memberikan gambaran upaya pemenuhan RTH di Kabupaten Sidoarjo. Sesuai dengan UU No.26 tahun 2007 tentang Penataan Ruang bahwa perlu penyediaan dan pemanfaatan ruang terbuka hijau, yang proporsi luasannya ditetapkan paling sedikit 30 (tiga puluh) persen dari total wilayah daerah. Sehingga keberadaan RTH di Kabupaten Sidoarjo sangatlah kurang. Maka direncanakan akan

ada penambahan RTH hingga mencapai luas 2.320,14 Ha (31,25%). Gambar 2.4 menggambarkan kondisi salah satu jalur hijau dan taman kota di Kabupaten Sidoarjo.



Gambar 2.4 Salah Satu Jalur Hijau dan Alun-Alun Kabupaten Sidoarjo

2.2. Emisi Karbon Dioksida (CO₂) dan Perhitungannya

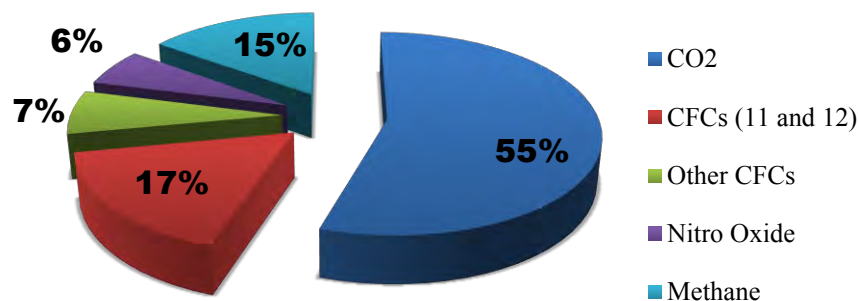
Pemanasan global adalah adanya proses peningkatan suhu rata-rata atmosfer, laut dan daratan bumi. Suhu rata-rata global pada permukaan bumi telah meningkat $0.74 \pm 0.18^{\circ} \text{C}$ selama seratus tahun terakhir. IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) menyimpulkan bahwa sebagian besar peningkatan temperatur rata-rata global sejak pertengahan abad ke 20 kemungkinan besar disebabkan oleh meningkatnya konsentrasi gas-gas rumah kaca akibat aktifitas manusia (Kusminingrum, 2008).

2.2.1. Emisi Karbon Dioksida (CO₂)

Emisi adalah zat, energi dan/atau komponen lain yang dihasilkan dari suatu kegiatan yang masuk dan/atau dimasukkannya ke dalam udara ambien yang mempunyai dan/atau tidak mempunyai potensi sebagai unsur pencemar (Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara). Sedangkan emisi karbon dioksida (CO₂) berarti pemancaran atau pelepasan gas karbon dioksida (CO₂) ke udara. Emisi CO₂ tersebut menyebabkan kadar gas rumah kaca di atmosfer meningkat, sehingga terjadi peningkatan efek rumah kaca dan pemanasan global. CO₂ tersebut menyerap sinar matahari (radiasi inframerah) yang dipantulkan oleh bumi sehingga suhu atmosfer menjadi naik. Hal tersebut dapat

mengakibatkan perubahan iklim dan kenaikan permukaan air laut (Nagara, 2008 dalam Widyanadiari, 2011).

Konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer didominasi oleh CO₂ kemudian CFCs (17%), gas metan (15%), gas CFCs lain (7%) dan gas N₂O (6%). Meskipun CO₂ mempunyai potensi pemanasan yang paling kecil, tetapi karena konsentrasinya di atmosfer adalah yang paling besar dibanding gas rumah kaca yang lain yakni sekitar 55%, maka justru CO₂ yang sekarang menjadi bahan perhatian dunia karena diisukan menjadi penyebab utama pemanasan global (Samiaji, 2009). Prosentase konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Prosentase Gas Rumah Kaca di Atmosfer (*Sumber: Samiaji, 2009*).

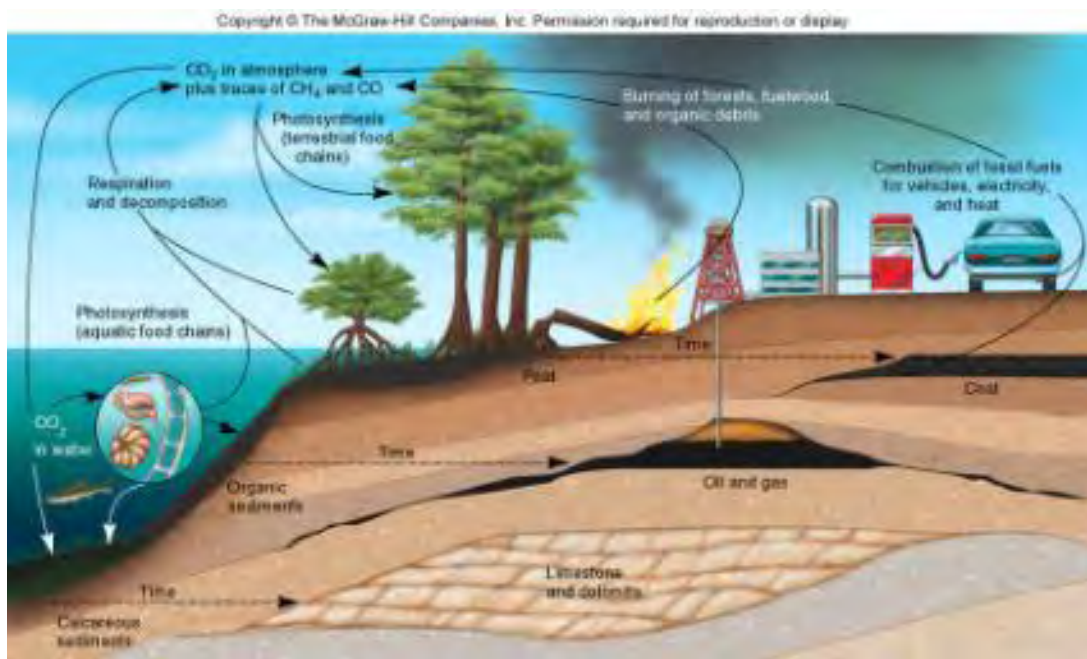
Emisi karbon dioksida (CO₂) dibagi menjadi dua jenis menurut sifat terjadinya pelepasan karbon, yaitu:

1. Emisi Karbon dioksida (CO₂) Primer. Emisi Karbon dioksida (CO₂) yang berifat langsung, yang diperoleh dari hasil pembakaran bahan bakar fosil seperti untuk memasak dan transportasi yang dapat mengontrolnya secara langsung.
2. Emisi Karbon dioksida (CO₂) sekunder. Emisi CO₂ yang bersifat tak langsung. Hal ini diperoleh dari daur hidup dari produk-produk yang kita gunakan. Semakin banyak kita membeli maka semakin banyak pula emisi yang dihasilkan seperti konsumsi energi listrik.

Secara global, 25% dari seluruh emisi karbon dioksida (CO₂) dunia berasal dari masalah-masalah aktifitas manusia, sedangkan sisanya dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil, yaitu minyak bumi dan batu bara. Pembakaran

bahan bakar fosil ini bersumber dari 36% industri energi (pembangkit listrik/kilang minyak dan industri lain), 27% sektor transportasi, 21% sektor industri, 15% sektor rumah tangga, 1% dari sektor lainnya. Sumber-sumber polutan ini sangat bervariasi, tetapi dapat digolongkan menjadi 4 macam sebagai berikut.

- *Mobile transportation* (sumber bergerak) antara lain: kendaraan bermotor, pesawat udara, kereta api, kapal bermotor dan penenggelaman/evaporasi gasoline.
- *Stationary combustion* (sumber tidak bergerak) antara lain: perumahan, daerah perdagangan, tenaga dan pemasaran industri, termasuk tenaga uap yang digunakan sebagai energi oleh industri.
- *Industrial processes* (proses industri) antara lain: proses kimiawi, metalurgi, kertas dan penambangan minyak.
- *Solid waste disposal* (pembuangan sampah) antara lain: buangan rumah tangga dan perdagangan, buangan hasil pertambangan dan pertanian (Rizkatania, 2012).



Gambar 2.6 Siklus Karbon Di Atmosfer (Sumber: Anonim, 2013)

2.2.2. Perhitungan Emisi CO₂

Untuk dapat menentukan kecukupan RTH dalam menyerap emisi CO₂, maka harus dilakukan penentuan estimasi total emisi CO₂ dari tiga sektor yakni sektor transportasi, industri dan pemukiman

➤ Emisi CO₂ Sektor Transportasi

Untuk mendapatkan jumlah kendaraan dalam satuan mobil penumpang maka dilakukan pengkonversian jumlah kendaraan ke satuan mobil penumpang (smp) dengan rumus pada Persaman 2.1.

$$n = m \times FK \dots\dots\dots(2.1)$$

di mana,

n = Jumlah kendaraan (smp/jam)

m = Jumlah kendaraan setelah konversi
(kendaraan/jam)

FK = Faktor Konversi (smp/kendaraan)

Menurut Indonesia Highway Capacity Manual Part 1 Urban Road No. 09/T/BNKT/1993 pemakaian praktis nilai smp tiap jenis kendaraan digunakan nilai standar seperti yang ditampilkan pada .

Tabel 2.4 Faktor Konversi Jenis Kendaraan ke smp (satuan mobil penumpang)

No	Jenis Kendaraan	Smp
1.	Kendaraan Ringan	1,00
2.	Kendaraan Berat	1,20
3.	Sepeda Motor	0,25

(Sumber: Indonesian Highway Capacity Manual dalam Adiastari, 2010)

Perhitungan emisi akan dihitung dengan rumus pada Persamaan 2.2.

$$Q = n \times FE \times K \dots\dots\dots(2.2)$$

di mana:

Q = Jumlah emisi (g /jam.km)

n = Jumlah kendaraan (smp/jam)

FE = Faktor emisi (g/liter)

K = Konsumsi bahan bakar (liter/100 km)

Untuk faktor emisi dan konsumsi bahan bakar yang digunakan adalah faktor emisi dan konsumsi bahan bakar untuk mobil penumpang. Nilai faktor emisi menurut jenis bahan bakar dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Faktor Emisi menurut Jenis Bahan Bakar

Tipe Kendaraan/ Bahan Bakar	Faktor Emisi CO₂ (g / liter)
Bensin	
Kendaraan Penumpang	2597,86
Kendaraan Niaga Kecil	2597,87
Kendaraan Niaga Besar	2597,88
Sepeda Motor	2597,89
Diesel	
Kendaraan Penumpang	2924,90
Kendaraan Niaga Kecil	2924,91
Kendaraan Niaga Besar	2924,92
Lokomotif	296,43

Sumber : IPCC dalam Adiastrari, 2010

➤ **Emisi CO₂ Sektor Permukiman (Emisi CO₂ Primer)**

Rumus yang digunakan untuk menghitung besarnya emisi CO₂ primer dari sektor permukiman dapat dilihat pada Persamaan 2.3

$$\text{Emisi CO}_2 = \text{EF} \times \text{konsumsi bahan bakar} \times \text{NCV} \dots\dots\dots(2.3)$$

Di mana :

Konsumsi bahan bakar = bahan bakar yang dikonsumsi (Kg/bulan)

EF = faktor emisi CO₂ bahan bakar (g CO₂/MJ)

NCV = Net Calorific Volume (*energy content*) per unit massa atau volume bahan bakar (MJ/Kg)

➤ **Emisi CO₂ Sektor Industri (Emisi CO₂ Primer)**

Berikut ini adalah rumus yang digunakan IPCC 2006 untuk menghitung emisi CO₂ primer kegiatan industri yang dapat dilihat pada Persamaan 2.4.

$$\text{Emisi CO}_2 = \sum \text{FC} \times \text{CEF} \times \text{NCV} \dots\dots\dots(2.4)$$

di mana :

- $\sum FC$ = jumlah bahan baker fosil yang digunakan (massa/volume)
 NCV = nilai Net Calorific Volume (*energi content*) per unit massa atau volume bahan baker (TJ/kiloton fuel)
 CEF = Carbon Emission Factor (ton CO₂/TJ)

Karena perhitungan emisi CO₂ primer untuk menggunakan nilai NCV dan CEF, maka berikut ini nilai NCV dan CEF untuk bahan baker solar yang ditampilkan pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Nilai NCV dan CEF untuk Kegiatan Industri

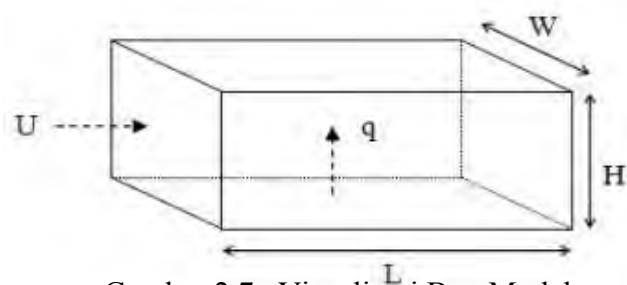
Bahan Bakar	NCV (TJ/Kilo Ton Fuel)	CEF (ton CO ₂ /TJ)
Solar	43	74,1

Sumber: IPCC, 2006

Setelah selesai melakukan perhitungan ulang terhadap emisi CO₂ yang dihasilkan dari kegiatan transportasi, permukiman dan industri selanjutnya dilakukan **perhitungan emisi CO₂ total tiap kecamatan** yang merupakan hasil penjumlahan seluruh hasil perhitungan nilai emisi CO₂ dari kegiatan permukiman, industri, dan transportasi per kecamatan.

2.3. Emisi CO₂ Dengan Metode Box Model

Box model digunakan untuk menghitung tingkat emisi pada suatu area dan tinggi pencemaran tertentu dengan memasukkan kontribusi emisi dari daerah yang ditinjau. Dalam penelitian ini kontributor yang ditinjau adalah kegiatan transportasi dan industri.



Gambar 2.7. Visualisasi Box Model

Gambar 2.7 merupakan visualisasi persebaran emisi pencemar berdasarkan prinsip *box model*. Di mana emisi pencemar yang dihasilkan oleh kontributor (q) menyebar dalam suatu batasan ruang berupa *box* dengan volume tertentu. Batas area adalah permukaan tanah sebagai batas bawah dan batas atas merupakan lapisan inversi (batas *mixing height*). *Box model* digambarkan dengan persamaan (2.6).

a. Perhitungan konsentrasi pencemar C(t)

$$C(t) = \frac{qL}{UH} (1 - e^{(-Ut)/L}) \dots\dots\dots (2.6)$$

Di mana:

- C(t) = Konsentrasi pencemar (mg/m³)
q = Rata-rata emisi pencemar per meter persegi (mg/m²/detik)
L = Panjang kotak (m)
H = Tinggi Pohon (m)
U = Rata-rata kecepatan angin (meter/detik)
t = Waktu tempuh (detik)

b. Perhitungan volume box

$$Volume\ box\ (m^3) = Luas\ wilayah\ Studi\ (m^2) \times tinggi\ inversi\ (m) \dots\dots (2.7)$$

c. Perhitungan massa CO₂

$$Massa\ CO_2\ (mg) = C(t)\ (\frac{mg}{m^3}) \times Volume\ box\ (m^3) \dots\dots\dots (2.8)$$

d. Perhitungan Emisi CO₂

$$Emisi\ CO_2\ (\frac{mg}{detik}) = \frac{Masa\ CO_2}{t\ (detik)} \dots\dots\dots (2.9)$$

(Hermana, 2003 dalam Setiawan, 2013)

Di dalam penyebarannya, emisi pencemar juga dipengaruhi oleh arah dan kecepatan angin (U). Arah dan kecepatan angin kota Surabaya dapat dilihat dalam Tabel 2.7.

Menurut Mukono, 1999 dalam Pentury (2003), Pendugaan kualitas udara dengan *box model* ini menggunakan beberapa asumsi, yaitu:

- Laju emisi polutan udara adalah konstan (tetap) dan persebarannya linier mengikuti arah angin dominan Kabupaten Sidaorjo (timur). Pengertian konstan

dalam hal ini adalah apabila polutan udara pada keadaan P (massa per satuan waktu) memasuki suatu volume udara ambien yang bergerak pada suatu arah dengan kecepatan (U) yang konstan.

- Udara yang bergerak di atmosfer dibatasi dari atas oleh lapisan udara yang stabil pada ketinggian (H). Udara yang bergerak juga dibatasi oleh arah tegak lurus terhadap kecepatan angin.
- Material yang diemisikan memiliki kestabilan kimia dan tetap tinggal dalam udara.

Tabel 2.7 Arah dan Kecepatan Rata-rata Angin Di Kabupaten Sidoarjo

Bulan	Kecepatan rata-rata (km/jam)	Kecepatan rata-rata (m/detik)	Arah terbanyak
Januari	16,11	4,47536	Barat
Februari	13,15	3,65307	Barat
Maret	12,78	3,55028	Timur
April	11,11	3,08636	Timur
Mei	11,11	3,08636	Timur
Juni	11,11	3,08636	Timur
Juli	12,96	3,60029	Timur
Agustus	14,08	3,91142	Timur
September	14,08	3,91142	Timur
Oktober	12,96	3,60029	Timur
Nopember	12,96	3,60029	Timur
Desember	12,96	3,60029	Barat

Sumber: BMKG Juanda, 2013

Untuk dapat menentukan beban emisi di tiap wilayah (kecamatan) di Kabupaten Sidoarjo, digunakan beberapa asumsi yang disesuaikan dengan kondisi wilayah Kabupaten Sidoarjo, antara lain:

- ✓ Digunakan ketinggian pohon rata-rata sebagai batas ketinggian (H), Emisi yang berada di dalam *box* dengan batas atas H dianggap sebagai emisi CO₂ yang menjadi tanggung jawab RTH publik maupun privat. Laju emisi polutan udara adalah konstan (tetap), sehingga kecepatan angin (U) konstan dan dengan satu arah angin. Nilai U dan arah angin dapat dilihat pada Tabel 2.7 yang dirata-rata.

- ✓ Sifat polutan adalah stabil, tidak terurai selama berada di udara dalam kotak.
- ✓ Tidak ada polutan yang masuk atau keluar melalui bagian melalui kedua sisi yang sejajar dengan arah angin.
- ✓ (L) adalah jarak dari sumber emisi terbesar ke batas kabupaten terjauh.
- ✓ Waktu tempuh (t) yaitu jarak sumber emisi terbesar ke batas kabupaten terjauh (L) per kecepatan angin (U).

2.4. Ruang Terbuka Hijau (RTH)

2.4.1. Definisi

Menurut Purnomohadi dalam Budiman (2010) bahwa (1) RTH adalah suatu lapang yang ditumbuhi berbagai tetumbuhan, pada berbagai strata, mulai dari penutup tanah, semak, perdu dan pohon (tanaman tinggi berkayu); (2) Sebentang lahan terbuka tanpa bangunan yang mempunyai ukuran, bentuk dan batas geografis tertentu dengan status penguasaan apapun, yang di dalamnya terdapat tetumbuhan hijau berkayu dan tahunan (*perennial woody plants*), dengan pepohonan sebagai tumbuhan penciri terutama dan tumbuhan lainnya (perdu, semak, rerumputan, dan tumbuhan penutup tanah lainnya), sebagai tumbuhan pelengkap, serta benda-benda lain yang juga sebagai pelengkap dan penunjang fungsi RTH yang bersangkutan.

Peraturan Menteri Dalam Negeri No. 1 Tahun 2007 tentang Ruang Terbuka Hijau Kawasan Perkotaan, memiliki beberapa definisi terkait RTH yakni:

- a. Ruang terbuka adalah ruang-ruang dalam kota atau wilayah yang lebih luas baik dalam bentuk area/ kawasan maupun dalam bentuk area memanjang jalur di mana dalam penggunaannya lebih bersifat terbuka yang pada dasarnya tanpa bangunan.
- b. Ruang Terbuka Hijau Kawasan Perkotaan yang selanjutnya disingkat RTHKP adalah bagian dari ruang terbuka suatu kawasan perkotaan yang diisi oleh tumbuhan dan tanaman guna mendukung manfaat ekologi, sosial, budaya, ekonomi dan estetika.

Pada Undang-Undang No. 26 Tahun 2007, didefinisikan bahwa ruang terbuka hijau adalah area memanjang/ jalur atau mengelompok, yang penggunaannya lebih bersifat terbuka, tempat tumbuh tanaman, baik yang tumbuh secara alamiah maupun yang sengaja ditanam.

2.4.2. Tujuan, Fungsi dan Manfaat Ruang Terbuka Hijau (RTH)

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.5 Tahun 2008 menjelaskan bahwa RTH memiliki fungsi sebagai berikut:

- a. Fungsi utama (*intrinsik*) yaitu fungsi ekologis, yakni memberi jaminan pengadaan RTH menjadi bagian dari sistem sirkulasi udara (paru-paru kota), pengatur iklim mikro agar sistem sirkulasi udara dan air secara alami dapat berlangsung lancar, sebagai peneduh, produsen oksigen, penyerap air hujan, penyedia habitat satwa, penyerap polutan media udara, air, dan tanah serta sebagai penahan angin.
- b. Fungsi tambahan (*ekstrinsik*), yakni fungsi sosial dan budaya yang meliputi untuk menggambarkan ekspresi budaya lokal, merupakan media komunikasi warga kota, sebagai tempat rekreasi dan sebagai wadah dan objek pendidikan, penelitian, dan pelatihan dalam mempelajari alam.

Fungsi ekonomi meliputi sebagai sumber produk yang bisa dijual, seperti tanaman bunga, buah, daun, sayur, dan bisa menjadi bagian dari usaha pertanian, perkebunan, kehutanan dan lain-lain. Fungsi estetika meliputi untuk meningkatkan kenyamanan, memperindah lingkungan kota baik dari skala mikro: halaman rumah, lingkungan permukiman, maupun makro: lansekap kota secara keseluruhan, menstimulasi kreativitas dan produktivitas warga kota, pembentuk faktor keindahan arsitektural dan menciptakan suasana serasi dan seimbang antara area terbangun dan tidak terbangun.

RTH juga memiliki manfaat sesuai yang tercantum dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.5 Tahun 2008, yakni:

- a. Manfaat langsung (dalam pengertian cepat dan bersifat tangible), yaitu membentuk keindahan dan kenyamanan (teduh, segar, sejuk) dan mendapatkan bahan-bahan untuk dijual (kayu, daun, bunga, buah)
- b. Manfaat tidak langsung (berjangka panjang dan bersifat intangible), yaitu pembersih udara yang sangat efektif, pemeliharaan akan kelangsungan persediaan air tanah, pelestarian fungsi lingkungan beserta segala isi flora dan fauna yang ada (konservasi hayati atau keanekaragaman hayati)

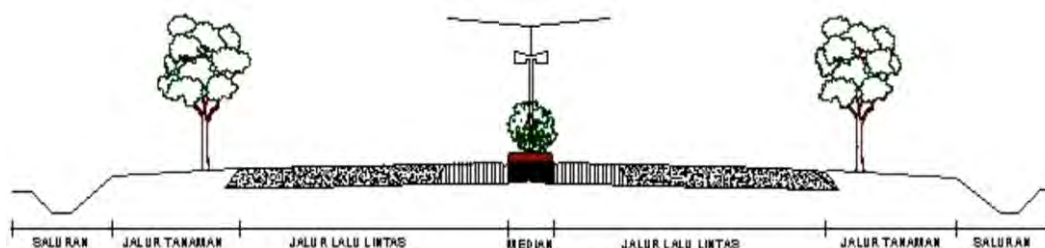
2.4.3. Tipologi Ruang Terbuka Hijau

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Perkotaan pembagian jenis-jenis RTH yang ada sesuai dengan tipologi RTH sebagaimana Gambar 2.8 (Anonim, 2006).

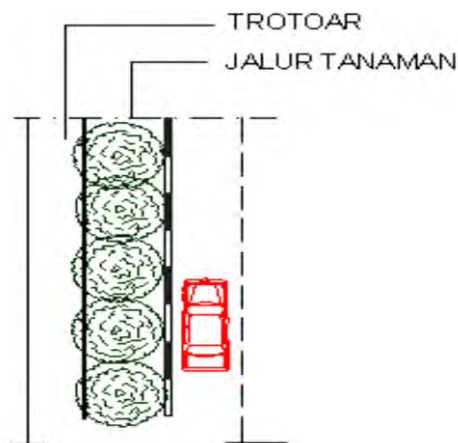
RUANG TERBUKA HIJAU (RTH)	FISIK	FUNGSI	STRUKTUR	KEPEMILIKAN
	RTH ALAMI	EKOLOGIS	POLA EKOLOGIS	RTH PUBLIK
		SOSIAL BUDAYA		
	RTH NON ALAMI	ESTETIKA	POLA PLANOLOGIS	RTH PRIVAT
		EKONOMI		

Gambar 2.8 Tipologi RTH (Sumber: Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 05/PRT/M/2008 tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau Di Kawasan Perkotaan)

Gambar contoh pola RTH jalur hijau yang diacu oleh Kabupaten Sidoarjo, menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.5 tahun 2008 yang dapat dilihat pada Gambar 2.9 dan Gambar 2.10.



Gambar 2.9 Contoh Tata Letak Jalur Hijau Jalan



Gambar 2.10 Pola Peletakan RTH Jalur Hijau

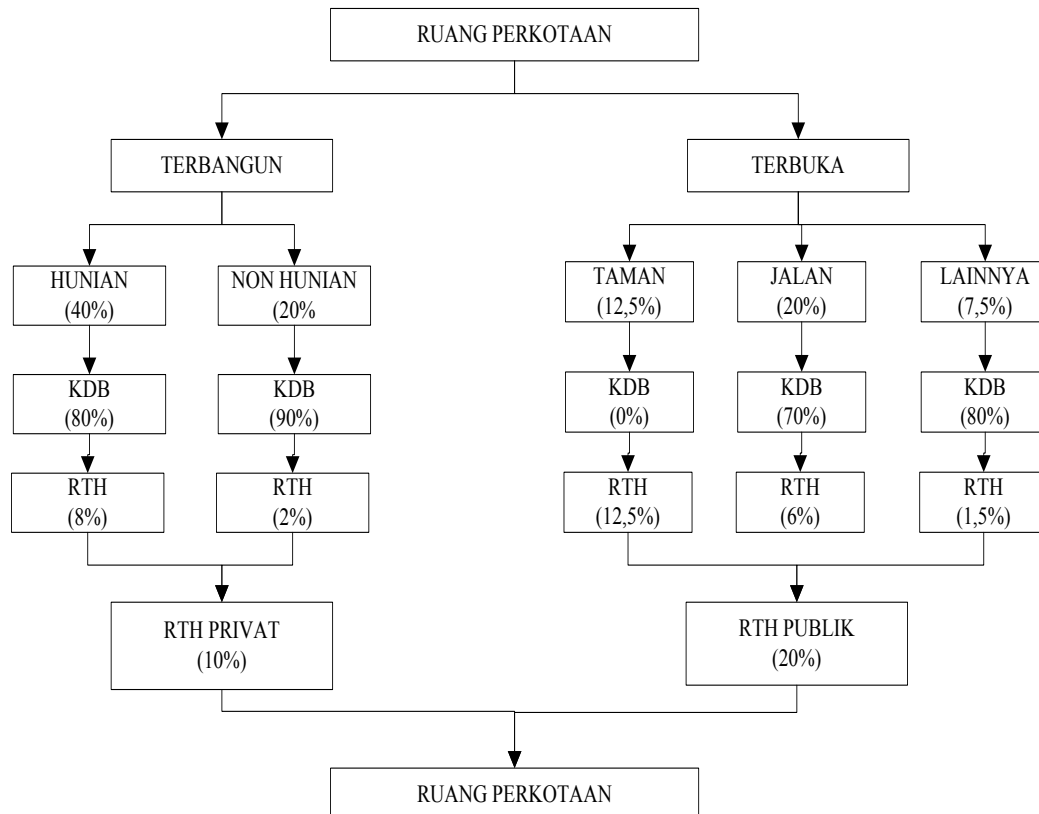
2.4.4. Proporsi Ruang Terbuka Hijau

Ruang terbuka hijau (RTH) di perkotaan terdiri dari RTH Publik dan RTH privat. Pembinaan ruang terbuka hijau haruslah mengikuti struktur nasional atau daerah dengan standar-standar yang ada. Perlunya penyediaan dan pemanfaatan ruang terbuka hijau menurut UU No. 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang ditetapkan bahwa proporsi luasannya paling sedikit 30% dari luas wilayah kota, yang diisi oleh tanaman, baik yang tumbuh secara alamiah maupun yang sengaja ditanam. Sedangkan menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum tahun 2008 tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan RTH di Wilayah Perkotaan, proporsi RTH pada wilayah perkotaan adalah sebesar minimal 30% yang terdiri dari 20% RTH dan 10% terdiri dari ruang terbuka hijau privat.

Proporsi 30% merupakan ukuran minimal untuk menjamin keseimbangan ekosistem kota, baik keseimbangan sistem hidrologi dan keseimbangan iklim mikro, maupun sistem ekologis lain yang dapat meningkatkan ketersediaan udara bersih yang diperlukan masyarakat, serta sekaligus dapat meningkatkan nilai estetika kota. Ruang Terbuka Hijau publik seluas minimal 20% dimaksudkan agar proporsi RTH minimal dapat lebih dijamin pencapaiannya sehingga memungkinkan pemanfaatannya secara luas oleh masyarakat.

KDB adalah angka persentase perbandingan antara luas seluruh lantai dasar bangunan gedung dan luas lahan/tanah diperpetakan/daerah perencanaan yang dikuasai sesuai rencana tata ruang dan rencana tata bangunan dan lingkungan. Bagan proporsi RTH kawasan perkotaan menurut Peraturan Menteri Pekerjaan

Umum No. 5 Tahun 2008 dapat dilihat pada Gambar 2.11. Komposisi untuk RTH publik sebesar 20% ini jika dibandingkan dengan Koefisien Dasar Bangunan (KDB) meliputi 12.5% taman, 6% jalan, dan 1.5% lain-lain seperti pemakaman, lapangan olahraga, dan lahan pertanian perkotaan (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 5 Tahun 2008 tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Perkotaan).



Gambar 2.11 Bagan Proporsi RTH Kawasan Perkotaan

2.4.5. Elemen Pengisi Ruang Terbuka Hijau

RTH dibangun dari kumpulan tumbuhan dan tanaman vegetasi yang sudah diseleksi dan disesuaikan dengan lokasi serta rencana dan rancangan peruntukannya. Untuk keberhasilan rancangan, penanaman dan kelestariannya maka sifat dan kriteria arsitektural dan hortikultural tanaman dan vegetasi penyusun RTH harus menjadi bahan pertimbangan dalam menseleksi jenis-jenis yang akan ditanam.

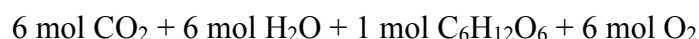
Adapaun beberapa persyaratan umum tanaman untuk ditanam di wilayah perkotaan:

- a. Disenangi dan tidak berbahaya bagi warga kota
- b. Mampu tumbuh pada lingkungan yang marjinal (tanah tidak subur, udara dan air yang tercemar)
- c. Tahan terhadap gangguan fisik (*vandalisme*)
- d. Perakaran dalam sehingga tidak mudah tumbang
- e. Tidak gugur daun, cepat tumbuh, bernilai hias dan arsitektural
- f. Dapat menghasilkan O₂ dan meningkatkan kualitas lingkungan kota
- g. Bibit mudah didapatkan dengan harga yang terjangkau oleh masyarakat
- h. Prioritas menggunakan vegetasi lokal
- i. Keanekaragaman hayati

Jenis tanaman endemik atau jenis tanaman lokal yang memiliki keunggulan tertentu (ekologis, sosial budaya, ekonomi, arsitektural) dalam wilayah kota tersebut menjadi bahan tanaman utama penciri RTH kota tersebut, yang nantinya akan dikembangkan untuk mempertahankan keanekaragaman hayati wilayahnya (Anonim, 2006).

2.5. Peran Tumbuhan Hijau Sebagai Penyerap CO₂

Tanaman membutuhkan CO₂ untuk pertumbuhannya. Peningkatan konsentrasi CO₂ di atmosfer antara lain akan merangsang proses fotosintesa, meningkatkan pertumbuhan tanaman dan produktivitasnya tanpa diikuti oleh peningkatan kebutuhan air (transpirasi). Fotosintesa umumnya terjadi pada semua tumbuhan hijau yang memiliki kloroplast atau pada semua tumbuhan yang memiliki zat warna. Secara umum proses fotosintesa adalah pengikatan gas karbon-dioksida (CO₂) dari udara dan molekul air (H₂O) dari tanah dengan bantuan energi foton cahaya tampak, akan membentuk gula heksosa (C₆H₁₂O₆) dan gas oksigen (O₂) (Kusminingrum, 2002) sebagai berikut :



Vegetasi sangat berguna dalam produksi oksigen yang diperlukan manusia untuk proses respirasi (pernafasan), serta untuk mengurangi keberadaan gas CO₂ yang semakin banyak di udara akibat kendaraan bermotor dan industri (Irwan, 1992 dalam Aziz, 2010). Penanaman pohon menghasilkan absorbs karbon dioksida dari udara dan penyimpanan karbon, sampai karbon dilepaskan kembali akibat vegetasi

tersebut busuk atau dibakar. Penyerapan karbon dioksida oleh hutan kota dengan jumlah 10.000 pohon berumur 16-20 tahun mampu mengurangi CO₂ sebanyak 800 ton CO₂ per tahun (Simpson dan McPherson, 1999 dalam Aziz, 2010).

Hutan yang mempunyai berbagai macam tipe penutupan vegetasi memiliki kemampuan atau daya serap terhadap CO₂ yang berbeda. Tipe penutupan vegetasi tersebut berupa pohon, semak belukar, padang rumput, sawah. Daya serap berbagai macam tipe vegetasi terhadap CO₂ dapat dilihat pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8 Daya Serap Gas CO₂ Berbagai Tipe Penutup Vegetasi

No.	Tipe Penutupan	Daya serap gas CO ₂	Daya serap gas CO ₂
		(kg/ha/hari)	(ton/ha/th)
1	Pohon	1.559,10	569,07
2	Semak Belukar	150,68	55,00
3	Padang Rumput	32,88	12,00
4	Sawah	32,99	12,00

Sumber : Prasetyo et all. (2002) dalam Tinambunan (2006)

Perhitungan serapan perluasan tajuk atau kanopi adalah pendekatan luas tutupan dengan membuat fungsi luas terhadap setiap tegakan untuk jenis tanaman. Pendekatan ini dilakukan karena model tutupan yang diasumsikan melingkar (lingkaran) dari setiap tegakan tidak simetris. Dari perhitungan ini didapatkan bahwa kemampuan serapan pertajuk tanaman yang tinggi adalah Angsana (4.2601692 ppm). Kemampuan jenis tanaman mangga dalam penyerapan CO₂ juga relatif tidak berbeda dengan jenis angšana. Tanaman yang mempunyai kemampuan rendah dalam menyerap CO₂ adalah Johar (*Cassia siamea*) dengan kemampuan serapan per luasan tajuk adalah 0,392264 ppm (Pentury, 2003).

Laju serapan CO₂ dapat dihitung berdasarkan luas tutupan vegetasi dan jenis tumbuhan. Menurut Pentury (2003), Hubungan antara laju serapan dan luas tajuk pohon dimodelkan dengan formulasi matematika seperti pada Persamaan 2.10.

$$S = 0,2278 e^{(0,0048 \cdot I)} \dots\dots\dots (2.10)$$

Di mana:

S = Laju serapan CO₂ (g /detik)

- I = Intensitas cahaya (kal/cm²/hari)
 e = Bilangan pokok logaritma natural
 0,0048 = Koefisien intensitas cahaya
 0,2278 = Konstanta penjumlahan

Tabel 2.9. Intensitas Cahaya

Bulan	Intensitas Cahaya	I (Intensitas Cahaya)
	(kal/cm ² /hari)	(watt/m ²)
Januari	844	409.34
Februari	963	467.06
Maret	878	425.83
April	876	424.86
Mei	803	389.46
Juni	803	389.46
Juli	792	384.12
Agustus	820	397.70
September	891	432.14
Oktober	866	420.01
Nopember	873	423.41
Desember	829	402.07

Sumber: Wilson, 1993 dalam Adiantari, 2010

Intensitas cahaya yang digunakan harus sesuai dengan kondisi iklim Kabupaten Sidaorjo. Karena Kabupaten Sidaorjo beriklim tropis maka intensitas cahaya yang digunakan adalah intensitas cahaya garis lintang khatulistiwa yang terdapat dalam Tabel 2.9. Demikian halnya untuk RTH privat. Perhitungan ini didasari oleh perhitungan luasan RTH privat eksisting pada masing-masing responden sesuai status wilayah pengembangan daerah desa atau kota yang diperoleh dari kuisioner. Pada tahap ini dilakukan perhitungan untuk menentukan laju serapan CO₂ rata-rata dengan menggunakan Persamaan 2.10.

Setelah dilakukan perhitungan maka akan diketahui kemampuan penyerapan CO₂ oleh RTH per satuan luas yang kemudian dikalikan dengan luasan RTH privat eksisting tiap responden dengan menggunakan Persamaan (2.11). Sehingga dapat diketahui kemampuan RTH privat eksisting pada masing-masing responden dalam menyerap emisi CO₂ sesuai status wilayah (Yusrinoati, 2012).

$$A = S_{rata-rata} \times B \dots\dots\dots (2.11)$$

Di mana:

A = kemampuan penyerapan CO₂ oleh RTH eksisting (g/detik)

B = luas tutupan lahan RTH eksisting tiap responden (cm²)

S_{rata-rata} = laju serapan CO₂ (g/detik)

Selanjutnya dihitung rata-rata kemampuan RTH privat eksisting dalam menyerap emisi CO₂ dengan menggunakan persamaan (2.12).

$$n = \frac{m}{\text{jumlah responden}} \dots\dots\dots (2.12)$$

Di mana:

n = rata-rata kemampuan penyerapan CO₂ oleh RTH eksisting (g/detik)

m = total kemampuan daya serap CO₂ oleh RTH eksisting berdasarkan jumlah responden (g/detik)

Setelah diperoleh hasil kemampuan rata-rata RTH privat eksisting dalam menyerap emisi CO₂ pada tiap status wilayah, hasil ini selanjutnya dikalikan dengan total rumah yang ada di Kabupaten Sidaorjo sesuai masing-masing tipe status wilayah dengan menggunakan persamaan (2.13) sehingga diperoleh total kemampuan daya serap RTH privat (permukiman).

$$p = n \times \text{jumlah rumah} \dots\dots\dots (2.13)$$

Di mana:

p = total kemampuan penyerapan CO₂ oleh RTH privat permukiman (g /detik)

n = rata-rata kemampuan penyerapan CO₂ oleh RTH privat eksisting (g/detik)

Dari hasil analisis kemampuan serapan terhadap jenis tanaman yang dijadikan subtransi penelitian, didapatkan bahwa kemampuan serapan perluas daun dan luas tajuk dari jenis Angsana (*Pterocarpus indica*) lebih tinggi, dibanding dengan jenis tanaman lain yang dicobakan. Kemampuan serapan jenis Angsana per luasan daun adalah 0.648428 ppm. Kemampuan serapan untuk jenis tanaman mangga (*Mangifera indica*) relatif tidak berbeda dengan jenis angšana (*Pterocarpus*

indica), sedangkan kemampuan serapan untuk jenis lain seperti sawo kecil juga menunjukkan kemampuan serapan yang relatif besar. (Hermana, 2003).

2.6. Inventarisasi Serapan CO₂ Oleh RTH

Tujuan dari diadakannya penelitian ini adalah untuk melakukan inventarisasi serapa karbon di wilayah Kabupaten Sidoarjo. Berikut akan dijelaskan tentang definisi kata inventarisasi dan inventarisasi serapan karbon.

2.6.1. Inventarisai Gas Rumah Kaca (GRK)

Menurut Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 71 Tahun 2011 Tentang Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca (GRK) Nasional, inventarisasi GRK adalah kegiatan untuk memperoleh data dan informasi mengenai tingkat, status, dan kecenderungan perubahan emisi GRK secara berkala dari berbagai sumber emisi (*source*) dan penyerapnya (*sink*) termasuk simpanan karbon (*carbon stock*). Ketentuan Pasal 3 butir (3b) menyatakan bahwa Inventarisasi GRK dilakukan pada sumber emisi dan penyerapnya termasuk simpanan karbon pada pengadaan dan penggunaan energi.

Inventarisasi GRK dikoordinasikan oleh Kementerian Lingkungan Hidup (KLH) dimaksudkan sebagai alat untuk mengetahui tingkat, status dan kecenderungan perubahan emisi GRK serta untuk kebutuhan verifikasi hasil pencapaian penurunan emisi GRK dari kegiatan mitigasi perubahan iklim nasional di antaranya Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca (RAN-GRK). Inventarisasi GRK ini dilakukan di tingkat nasional dan daerah yang mencakup wilayah provinsi dan kabupaten/kota. Di tingkat nasional, Kementerian atau Lembaga terkait melaksanakan inventarisasi GRK dan menyampaikan laporan kepada Menteri Lingkungan Hidup (LH). Sedangkan di tingkat daerah, para Bupati atau Walikota menyiapkan inventarisasi GRK di tingkat kabupaten atau kota, dan menyampaikan laporan hasil kepada Gubernur.

Gubernur seluruh provinsi melaksanakan inventarisasi GRK di tingkat provinsi, dan mengkoordinasikan penyelenggaraan inventarisasi GRK di kabupaten/kota di wilayahnya. Gubernur kemudian menyampaikan laporan tersebut kepada Menteri LH. Menteri LH selanjutnya menyampaikan laporan

inventarisasi GRK nasional kepada Menteri Koordinator Bidang Kesejahteraan Rakyat dengan tembusan kepada Menteri Koordinator Bidang Perekonomian, Menteri Dalam Negeri, dan Menteri PPN atau Kepala Menteri Negara Koordinator Bidang Ekonomi, Keuangan, dan Industri dan Kantor Menteri Negara Perencanaan Pembangunan Nasional (BAPPENAS).

Menurut Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 71 Tahun 2011 Tentang Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca (GRK) Nasional penyelenggaraan Inventarisasi GRK Nasional bertujuan untuk menyediakan:

- a. Informasi secara berkala mengenai tingkat, status dan kecenderungan perubahan emisi dan serapan GRK termasuk simpanan karbon di tingkat nasional, provinsi dan kabupaten/kota.
- b. Informasi pencapaian penurunan emisi GRK dari kegiatan mitigasi perubahan iklim nasional.

2.6.2. Inventarisasi Serapan CO₂

Inventarisasi memiliki definisi yang beragam sesuai dengan peruntukannya. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), inventarisasi adalah pencatatan atau pengumpulan data (tentang kegiatan, hasil yang dicapai, pendapat umum, persurat kabaran, kebudayaan, dan sebagainya). Berdasarkan Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 71 Tahun 2011 Tentang Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca (GRK) Nasional Yang dimaksud dengan serapan GRK menurut PP No 71 Tahun 2011 adalah diserapnya GRK dari atmosfer pada suatu area tertentu dalam jangka waktu tertentu. Dalam penelitian ini serapan GRK yang akan diinventarisasi adalah serapan CO₂. Menurut Pedoman Pengukuran Karbon untuk Mendukung Penerapan (Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation) REDD+ di Indonesia, serapan adalah proses aktivitas atau mekanisme yang menghilangkan gas rumah kaca, aerosol atau cikal bakal gas rumah kaca dari atmosfer. Hutan dan vegetasi lainnya dianggap sebagai *sinks* (rosot) karena memindahkan karbon dioksida melalui fotosintesa. Rosot Karbon adalah media atau tempat penyerapan dan penyimpanan karbon dalam bentuk bahan organik,

vegetasi hutan, laut dan tanah. Penyerapan Karbon adalah Proses memindahkan karbon dari atmosfer dan menyimpannya dalam reservoir.

Adanya kemampuan alami tumbuhan untuk menyerap (*rosot*) CO₂ melalui proses fotosintesis menyebabkan keberadaan RTH memiliki peran yang sangat vital dalam menyerap CO₂ pada jumlah besar. Hal ini terjadi karena di dalam RTH terjadi proses akumulasi penyerapan CO₂ secara kolektif oleh tumbuhan.

2.6.3. Metode Inventarisasi Serapan CO₂

Berdasarkan Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 71 Tahun 2011 Tentang Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca (GRK) Nasional Inventarisasi GRK dilakukan dengan cara:

- a. Pemantauan dan pengumpulan data aktivitas sumber emisi dan serapan GRK termasuk simpanan karbon, serta penetapan faktor emisi dan faktor serapan GRK.
- b. Penghitungan emisi dan serapan GRK termasuk simpanan karbon.

Sebelum melakukan inventarisasi, tentunya diperlukan persiapan-persiapan awal kegiatan. Persiapan yang dilakukan adalah salah satu kegiatan dalam menunjang kegiatan yang akan dilakukan. Beberapa persiapan yang harus dilakukan adalah persiapan berupa data penunjang, peralatan-peralatan inventarisasi, dan persiapan di luar peralatan inventarisasi berupa peralatan pribadi dari inventer. Adapun tahapan pelaksanaan inventarisasi serapan CO₂ adalah sebagai berikut:

1. Tahap persiapan meliputi : penyiapan peta-peta dasar, rescoring dan evaluasi areal, penyiapan bahan, alat dan tenaga/organisasi, penstratifikasian dan penarikan contoh serta penyiapan rencana kerja disertai peta kerja.
2. Pelaksanaan Lapangan meliputi : pencarian titik awal, diikuti pembuatan unit contoh/jalur serta pengumpulan data pohon atau tumbuhan maupun data penunjang.
3. Pengolahan data
4. Analisis data
5. Pelaporan.

2.7. Sistem Informasi Geografis (SIG)

Sistem Informasi Geografis (*Geographic Information System*/GIS) yang selanjutnya akan disebut SIG merupakan sistem informasi berbasis komputer yang digunakan untuk mengolah dan menyimpan data atau informasi geografis (Aronoff, 1989 dalam GIS Konsorsium Aceh Nias, 2007). Secara umum pengertian SIG adalah suatu komponen yang terdiri dari perangkat keras, perangkat lunak, data geografis dan sumberdaya manusia yang bekerja bersama secara efektif untuk memasukan, menyimpan, memperbaiki, memperbaharui, mengelola, memanipulasi, mengintegrasikan, menganalisa dan menampilkan data dalam suatu informasi berbasis geografis.

SIG mempunyai kemampuan untuk menghubungkan berbagai data pada suatu titik tertentu di bumi, menggabungkannya, menganalisa dan akhirnya memetakan hasilnya. Data yang akan diolah pada SIG merupakan *data spasial* yaitu sebuah data yang berorientasi geografis dan merupakan lokasi yang memiliki sistem koordinat tertentu, sebagai dasar referensinya. Sehingga aplikasi SIG dapat menjawab beberapa pertanyaan seperti; lokasi, kondisi, trend, pola dan pemodelan. Kemampuan inilah yang membedakan SIG dari sistem informasi lainnya.

2.8. Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian terdahulu yang menjadi acuan dalam penelitian ini antara lain:

1. Pemetaan kecukupan vegetasi untuk mereduksi konsentrasi karbon dioksida (CO_2) di kampus ITS Surabaya oleh Abdul Aziz pada tahun 2010. Peneliti adalah Mahasiswa Jurusan teknik Lingkungan ITS Surabaya, dan penelitian ini dilakukan sebagai tugas akhir untuk meraih gelar sarjana teknik. Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini meliputi data emisi kendaraan di ITS, jumlah vegetasi yang ada di kampus ITS, Peta ITS, dan data hasil observasi lapangan untuk daerah yang tidak memiliki data. Sebelum dilakukan perhitungan terlebih dahulu ditentukan blok dalam kawasan kampus ITS. Kemudian dari data tersebut akan dihitung luas tutupan/ tajuk tiap pohon dan akan dikalikan dengan faktor koefisien daya serap gas CO_2 sehingga diperoleh kemampuan

- vegetasi dalam menyerap gas CO₂ di tiap blok pengamatan. Dari kemampuan tersebut akan didapat berapa kadar emisi yang tidak terserap di masing-masing blok. Diperoleh bahwa vegetasi pada semua blok sudah mencukupi.
2. Kajian mengenai kemampuan ruang terbuka hijau (RTH) dalam menyerap emisi karbon di Kota Surabaya oleh Ratri Adiastari pada tahun 2010. Peneliti adalah Mahasiswa Jurusan teknik Lingkungan ITS Surabaya, dan penelitian ini dilakukan sebagai tugas akhir untuk meraih gelar sarjana teknik. Penelitian ini menggunakan metodologi berdasarkan studi pustaka, pengumpulan data sekunder berupa luas dan persebaran taman dan jalur hijau di Kota Surabaya, dan data sekunder berupa observasi lapangan. Observasi lapangan dilakukan dengan mengukur area taman dan jalur hijau serta tutupan vegetasi. Hasil dari penelitian ini adalah kemampuan serapan taman dan jalur hijau adalah sebesar 40.311,62 ton/tahun dan 15.233,76 ton/tahun untuk kemampuan serapan berdasarkan luas tutupan vegetasi.
 3. Analisis kecukupan ruang terbuka hijau sebagai penyerapan emisi CO₂ di Perkotaan menggunakan program stella (Studi kasus : Surabaya Utara dan Timur) oleh Driananta Pradiptiyas. Peneliti adalah Mahasiswa Jurusan teknik Lingkungan ITS Surabaya, dan penelitian ini dilakukan sebagai tugas akhir untuk meraih gelar sarjana teknik. Analisis ini dilakukan menggunakan program stella. Kemudian dilakukan peningkatan daya serap CO₂ RTH dengan mengoptimalkan luas pohon pelindung dan merekomendasikan RTH publik yang belum dikelola oleh DKP Kota Surabaya dan Menambah RTH baru. Hasil penelitian ini menyatakan upaya peningkatan daya serap CO₂ mampu meningkatkan kemampuan serap CO₂ menjadi sebesar 5.580,28 (1,14%) di wilayah Surabaya Utara dan 13.384,76 ton/tahun (1,13%) di wilayah Surabaya Timur.
 4. Analisis kecukupan ruang terbuka hijau sebagai penyerapan emisi CO₂ di Perkotaan menggunakan program stella (Studi kasus : Surabaya Pusat dan Selatan) oleh Soegih Ratri Widyanadiari pada tahun 2011. Peneliti adalah Mahasiswa Jurusan teknik Lingkungan ITS Surabaya, dan penelitian ini dilakukan sebagai tugas akhir untuk meraih gelar sarjana teknik. Analisis ini dilakukan menggunakan simulasi model program stella. Setelah itu dilakukan

analisis dengan mengoptimalkan luas pepohonan pada RTH eksisting serta gabungan pengelolaan RTH yang belum dikelola pemerintah dan penambahan RTH baru. Hasil analisis ini adalah upaya peningkatan daya serap CO₂ mampu meningkatkan kemampuan serap CO₂ menjadi sebesar 6.673,34 (2,08%) di wilayah Surabaya Pusat dan 13.760,04 ton/tahun (1,42%) di wilayah Surabaya Selatan.

5. Analisis kecukupan ruang terbuka hijau privat pemukiman dalam menyerap emisi CO₂ dan memenuhi kebutuhan O₂ di Surabaya Utara (Studi kasus: Kecamatan Kenjeran) oleh Siti Rahmatia Pratiwi tahun 2012. Peneliti adalah Mahasiswa Jurusan teknik Lingkungan ITS Surabaya, dan penelitian ini dilakukan sebagai tugas akhir untuk meraih gelar sarjana teknik. Penelitian dilakukan melalui pengamatan langsung dilapangan dengan mengambil beberapa sampel yang terdiri dari tipe rumah mewah, menengah dan sederhana. Besarnya emisi CO₂ yang bersumber dari konsumsi energi berupa bahan bakar (LPG dan minyak tanah) dan dari *septictank* dihitung dengan pendekatan nilai faktor emisi dalam IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) dan dengan metode *box model*. Penilaian kerapatan pohon dalam penelitian ini dilakukan dengan penilaian secara visual dengan rentang 0-100%. Penentuan persentase kerapatan adalah berdasarkan penilaian pribadi penulis saat melakukan survey lapangan. Berdasarkan hasil penelitian, kemampuan serapan CO₂ RTH privat eksisting di Kecamatan Kenjeran untuk tipe rumah sederhana adalah 0,0001408 g/detik, rumah menengah 0,0009187 g/detik dan rumah mewah 0,0005520 g/detik. RTH privat eksisting tersebut mencukupi dalam menyerap emisi CO₂ dari seluruh tipe rumah.

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Umum

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan inventarisasi keberadaan Ruang Terbuka Hijau (RTH) serta menganalisis kecukupan RTH dalam menyerap emisi CO₂ di wilayah Kabupaten Sidoarjo dan memetakan kemampuan penyerapan CO₂ oleh RTH tersebut.

Analisis yang dilakukan terdiri dari beberapa tahapan yaitu melalui studi literatur yang terkait dengan penelitian ini, pengumpulan data, dan analisis dari data yang dikumpulkan. Data yang dikumpulkan meliputi data primer dan sekunder. Data primer diperoleh melalui serangkaian kegiatan survey yang diikuti dengan kuisioner. Kuisioner bertujuan untuk memperoleh gambaran sebaran, dan jumlah RTH (pohon) sebagai serapan di pemukiman. Kegiatan survey yang dilakukan yaitu survey sampel data luas area RTH publik dan privat, jumlah, dan kerapatan pohon pelindung di RTH. Data primer tersebut diperoleh dari pengamatan langsung di lapangan.

Data sekunder merupakan hasil studi terhadap berbagai penelitian terdahulu terkait dengan metode perhitungan kebutuhan RTH pada kawasan perkotaan. Selain itu dibutuhkan juga data sekunder berupa jumlah RTH eksisting yang ada di wilayah Kabupaten Sidoarjo, peta tata guna lahan, peta administrasi Kabupaten Sidoarjo, data jumlah Kepala Keluarga (KK) wilayah Kabupaten Sidoarjo, luas area penelitian (Kabupaten Sidoarjo), arah dan kecepatan angin Kabupaten Sidoarjo, jumlah dan persebaran taman, jalur hijau, pemakaman, sawah, lapangan, mangrove dan RTH privat di Sidoarjo, data pendukung perhitungan emisi karbon di Kabupaten Sidoarjo, dan data kemampuan serapan CO₂ tanaman.

Setelah data diperoleh, data dianalisis menggunakan metode matematis yaitu dengan menggunakan persamaan dari beberapa literatur. Penentuan serapan karbon oleh RTH dilakukan dengan dengan kemampuan serapan karbon berdasarkan pendekatan luas tutupan RTH. Kemudian diperoleh hasil analisis

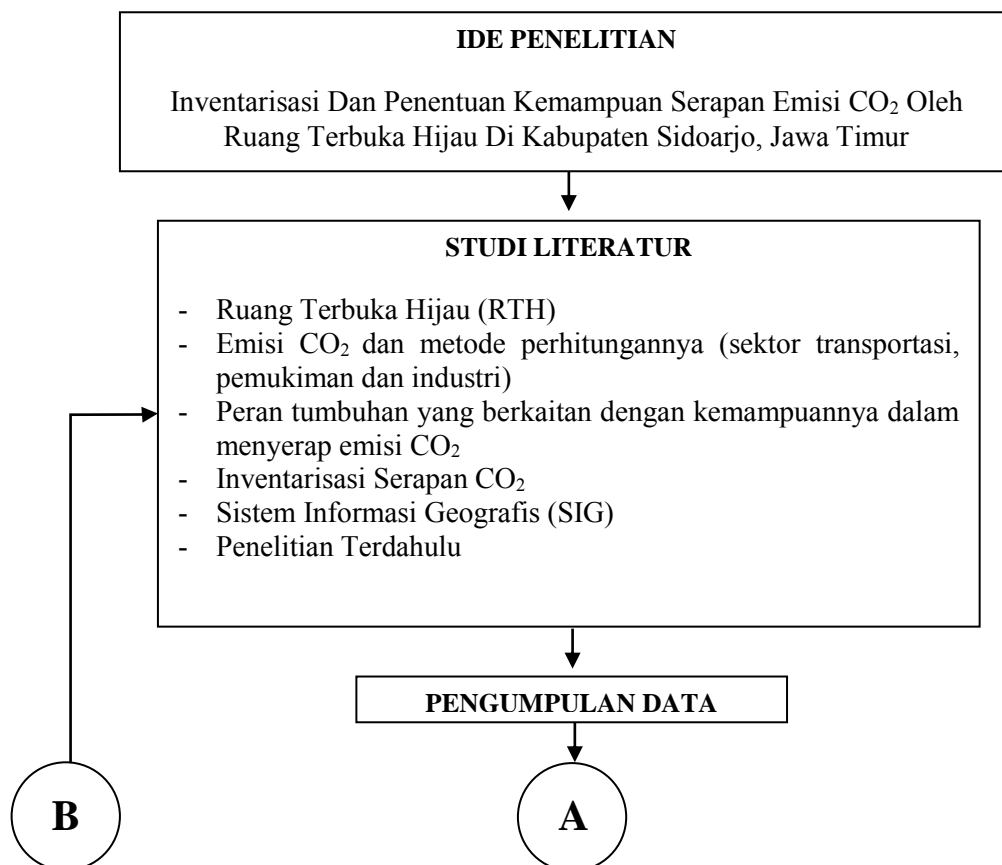
kemampuan RTH dalam menyerap emisi CO₂ dan dilanjutkan melakukan pemetaan kemampuan serapan RTH di Kabupaten Sidoarjo menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG).

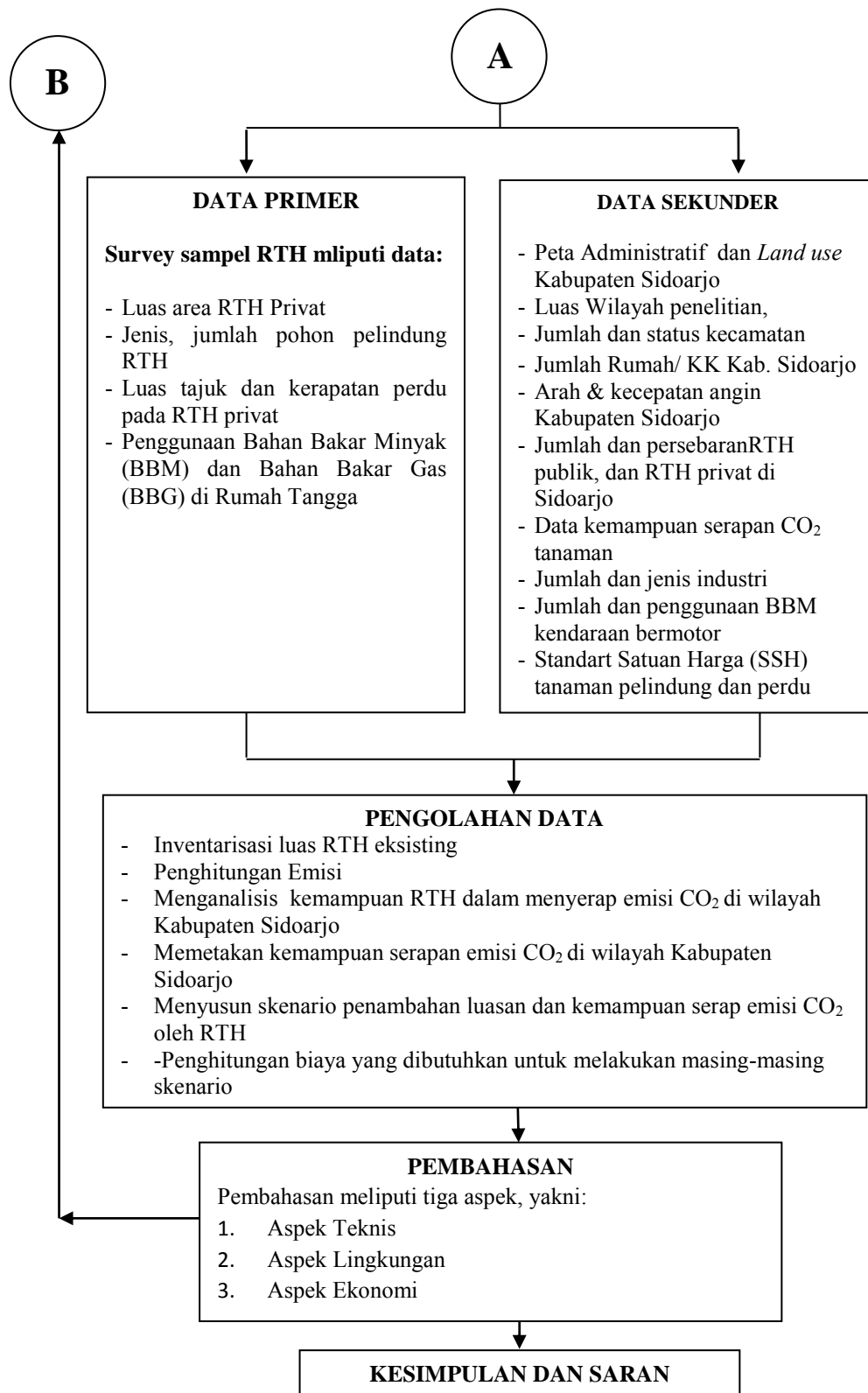
3.2 Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian digunakan untuk mengetahui poin-poin penting dari tahapan penelitian yang digunakan sebagai acuan selama perlaksanaannya. Kerangka penelitian ini disusun dengan tujuan:

1. Mengetahui tahapan yang dilakukan dalam penelitian yang dituangkan secara sistematis, dari awal penelitian sampai penulisan laporan tesis.
2. Memudahkan dalam mengetahui hal-hal yang berkaitan dengan pelaksanaan penelitian demi tercapainya tujuan penelitian.
3. Menghindari dan memperkecil terjadinya kesalahan selama melakukan penelitian.

Secara ringkas langkah-langkah tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.1.





Gambar 3.1 Kerangka Penelitian

3.3 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian ini berisi tentang penjabaran dari langkah-langkah yang dilakukan selama pelaksanaan penelitian. Langkah-langkah tersebut meliputi penjelasan secara rinci dari studi literatur, pengumpulan data, analisis dan pembahasan, serta kesimpulan dan saran.

3.3.1 Ide Penelitian

Penelitian dan penulisan dari Tesis dengan judul *"Inventarisasi Dan Penentuan Kemampuan Serapan Emisi CO₂ Oleh Ruang Terbuka Hijau Di Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur"* dilandasi oleh belum tersedianya informasi mengenai kecukupan RTH di wilayah Kabupaten Sidoarjo. Selain itu tingginya emisi CO₂ yang diakibatkan oleh konsumsi bahan bakar di wilayah studi dan kurangnya data tentang RTH eksisting sehingga dapat diasumsikan kondisi eksisting RTH di Kabupaten Sidoarjo belum memenuhi persyaratan luas minimum pada peraturan yang berlaku. Dengan adanya *gap* antara kondisi RTH eksisting dengan peraturan yang berlaku, maka diperlukan adanya inventarisasi dan penentuan rosot CO₂ akibat emisi tersebut oleh RTH di wilayah studi.

Penelitian ini merupakan pengembangan dari penelitian terdahulu yang telah dilaksanakan di beberapa wilayah, khususnya di Kota Surabaya. Dalam penelitian ini dilakukan inventarisasi jumlah dan persebaran ruang terbuka hijau meliputi RTH yang diamati adalah RTH publik dan RTH privat. RTH publik yang diamati adalah RTH yang berada di bawah pengawasan DKP Kabupaten Sidoarjo. Sementara RTH privat yang di amati adalah RTH yang berada di pemukiman.

Penyerapan emisi CO₂ dipengaruhi oleh luas dari tutupan vegetasi dalam hal ini merupakan luasan tajuk pohon dari data sekunder untuk RTH Publik dan untuk RTH Privat data diperoleh dari hasil pengambilan sampel langsung di lapangan. Jumlah emisi CO₂ di wilayah Kabupaten Sidoarjo dibandingkan dengan kemampuan serapan dan keberadaan RTH eksisting. Hasil inventarisasi serapan Kabupaten Sidoarjo dan perbandingannya dengan emisi CO₂ dipetakan menggunakan SIG sehingga diperoleh informasi persebaran RTH eksisting di Kabupaten Sidoarjo.

3.3.2 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk menunjang jalannya penelitian hingga penulisan laporan, agar diperoleh dasar teori yang jelas dan kuat dalam proses perhitungan dan analisis serta pembahasan sehingga dapat diperoleh suatu kesimpulan yang tepat. Sumber literatur yang digunakan dalam penelitian ini meliputi buku-buku teks, jurnal penelitian, serta penelitian terdahulu yang berkaitan. Beberapa bidang cakupan yang digunakan untuk studi literatur meliputi: Ruang Terbuka Hijau (RTH), Gas Rumah Kaca (GRK), emisi CO₂, peranan tumbuhan yang berkaitan dengan kemampuannya dalam menyerap emisi CO₂, inventarisasi serapan karbon, Sistem Informasi Geografis (SIG), serta penelitian terdahulu.

3.3.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk mendapatkan beberapa informasi dan data-data lain yang diperlukan dalam penelitian ini. Data yang dibutuhkan meliputi data primer dan data sekunder.

3.3.3.1 Data Primer dan Sekunder

Jenis data yang diperlukan berupa data primer dan data sekunder. Data primer didapatkan dari pengamatan langsung di lapangan. Pengambilan data primer ini dimaksudkan untuk mengetahui keadaan sebenarnya tentang luas persebaran RTH eksisting dan data mengenai jenis serta jumlah tanaman yang ada di dalam RTH privat. Pengambilan data ini dimaksudkan untuk menunjang proses penentuan estimasi kemampuan serapan emisi CO₂ oleh RTH di Kabupaten Sidoarjo. Selain itu pengamatan di lapangan juga menunjang proses analisis dan pemahaman dalam penelitian.

1. Data primer yang dibutuhkan meliputi:

- Luas tutupan perdu, jenis dan jumlah pohon pada RTH Privat
- Penggunaan BBM dan BBG di Rumah Tangga

Data tersebut digunakan sebagai dasar analisis RTH privat di mana tanaman yang menjadi objek utama yang berperan dalam menyerap CO₂. Data penggunaan bahan bakar di rumah tangga merupakan salah satu data yang dibutuhkan untuk

melakukan perhitungan estimasi besarnya Emisi CO₂ dari penggunaan bahan bakar di rumah tangga.

2. Data sekunder yang dibutuhkan

Data sekunder didapatkan dari dinas atau instansi terkait yaitu Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kabupaten Sidoarjo (DKP), Kantor Kecamatan dan Kelurahan setempat, BMKG Surabaya, serta instansi terkait lainnya. Data sekunder yang diperlukan dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Jenis Data Sekunder yang Dibutuhkan dan Sumber Data

No	Jenis Data	Sumber
1.	Jumlah, lokasi dan luas RTH publik	- Dinas Kebersihan Dan Pertamanan Kabupaten Sidoarjo - Dinas Pekerjaan Umum Ciptakarya
2.	Peta Administratif dan Land Use (RTRW) Kabupaten Sidoarjo.	- Badan Perencanaan Pembangunan Daerah - Dinas Pekerjaan Umum Ciptakarya
3.	Luas wilayah penelitian, Jumlah dan status kecamatan (perkotaan dan pedesaan) Jumlah Rumah Penduduk di Kab. Sidoarjo	Badan Pusat Statistik Kabupaten Sidoarjo
4.	Arah, kecepatan angin Kabupaten Sidoarjo	BMKG Juanda
5.	Data Kemampuan Serapan CO ₂ Tanaman	Studi Literatur
6.	Standar Satuan Harga (SSH) untuk jenis tanaman pelidung dan perdu, merujuk pada SSH Kota Surabaya	Pemerintah Kota Surabaya
7.	Traffic Counting dan rata-rata penggunaan BBM sektor transportasi	Dinas Perhubungan, Pertamina
8.	Jumlah dan jenis industri di kabupaten sidoarjo. Penggunaan Bahan bakar di tiap industri Kapasitas produksi industri	Badan Lingkungan Hidup Dinas Penrindustrian dan Koperasi

3.3.3.2 Metode Sampling

Untuk memudahkan dalam melakukan perhitungan daya serap CO₂ oleh RTH yang ada di tiap kecamatan di wilayah Kabupaten Sidoarjo ini, dilakukan perhitungan statistik untuk menentukan jumlah sampel RTH yang disurvei. Untuk perhitungan penentuan sampel, digunakan rumus statistik *Stratified Random Sampling* menurut Krejcie dan Morgan (1970) dalam Rizkatania (2012) yang

dapat dilihat pada Persamaan 3.1. Digunakan rumus ini karena berdasarkan hasil studi pustaka mengenai penelitian sejenis yang bersifat pendugaan proporsi, metode ini yang paling sesuai.

$$n = \frac{x^2 NP (1-P)}{(N-1)d^2 + x^2 P(1-P)} \dots\dots\dots (3.1)$$

Di mana:

- n = Jumlah total sampel wilayah studi
- N = Jumlah populasi dalam wilayah studi
- x² = Nilai standart *error* yang berhubungan dengan tingkat kepercayaan (digunakan selang kepercayaan 95 % maka X = 1,6)
- P = Proporsi populasi (digunakan 0,5)
- d = Galat pendugaan/batas error (5-10%)

Pengambilan sampel dalam satu kecamatan juga digolongkan berdasarkan status wilayah desa dan kota. Untuk menentukan jumlah sampel dalam satu kecamatan digunakan perhitungan berikut.

$$ni = n \left(\frac{Ni}{N} \right) \dots\dots\dots (3.2)$$

Di mana:

- Ni = Jumlah populasi pada masing-masing wilayah studi
- N = Jumlah total populasi wilayah studi
- n = Jumlah total sampel wilayah studi
- ni = Jumlah sampel pada masing-masing wilayah studi

Untuk RTH yang tidak disurvey penentuan kemampuan daya serap CO₂-nya berdasarkan rata-rata kemampuan daya serap CO₂ per m² dari RTH yang telah disurvey namun sesuai dengan jenis RTHnya.

3.3.4 Pengolahan Data Primer dan Data Sekunder

Pengolahan data primer dan sekunder dalam penelitian ini mencakup beberapa hal, yaitu:

a. Inventarisasi Keberadaan RTH Eksisting

Inventarisasi dilakukan berdasarkan data sekunder yang diperoleh.

b. Analisis Emisi CO₂

Analisis emisi CO₂ primer dilakukan dengan menggunakan data dari hasil perhitungan dari data primer dan data sekunder. Hasil perhitungan emisi CO₂ yang dihasilkan tersebut menjadi input data dalam penelitian ini. Perhitungan penentuan tingkat beban emisi karbon di Kabupaten Sidoarjo menggunakan *Box Model*.

c. Perhitungan dan Analisis Daya Serap CO₂ oleh RTH eksisting

Dalam penelitian ini, perhitungan daya serap RTH eksisting terhadap emisi CO₂ dihitung berdasarkan pada dua variabel yang saling dikombinasikan untuk mendapatkan data hasil analisis dan perhitungan yang tepat. Adapun kedua variabel tersebut adalah luas tutupan vegetasi dan kemampuan serapan pohon melalui pendekatan besarnya serapan tajuk pohon yang terdapat dalam Tabel 2.8 di Bab 2.

- ✓ Jenis pohon ditentukan dengan metode pengambilan sampel dan pengamatan langsung kemudian dihitung jumlah berdasarkan jenisnya masing-masing. Pengamatan terhadap jenis pohon dilakukan pada RTH privat.
- ✓ Pengukuran luasan tajuk dilakukan dengan cara mengukur diameter tajuk menggunakan meteran. Tiap tajuk tanaman diukur dua kali secara tegak lurus kemudian dihitung nilai rata-ratanya. Nilai luas tajuk didapat dengan formula Mangold (1997) dalam Pratiwi (2012) pada Persamaan (3.3).

$$LT = \pi \left(\frac{r_1 + r_2}{2} \right)^2 \times \text{Kerapatan Tajuk} \dots\dots\dots (3.3)$$

Di mana:

LT = Luasan Tajuk masing-masing jenis pohon (m²)

π = 3,14 (konstanta)

r = Diameter tanaman (m)

Kerapatan Tajuk masing-masing jenis pohon (%) (minimal 50%, maksimal 100%)

Daya serapan CO₂ dihitung berdasarkan luas tutupan vegetasi. Menurut Pentury (2003), hubungan antara laju serapan dan luas tajuk pohon dimodelkan dengan formulasi matematika seperti pada Persamaan 3.3. Perhitungan ini didasari oleh data luasan RTH publik eksisting yang diperoleh dari data sekunder. Untuk mendapatkan kemampuan serapan per luasan area atau per jenis RTH adalah dengan mengalikan luas tajuk yang diperoleh menggunakan Persamaan (3.3) dengan persen kerapatan dan laju serapan, seperti pada Persamaan 3.4.

$$\text{Daya Serap Area} = LT \times \% \text{ Kerapatan} \times S \dots\dots\dots (3.4)$$

Daya Serap Area = Kemampuan Jenis Ruang Terbuka Hijau dalam Menyerap Emisi CO₂

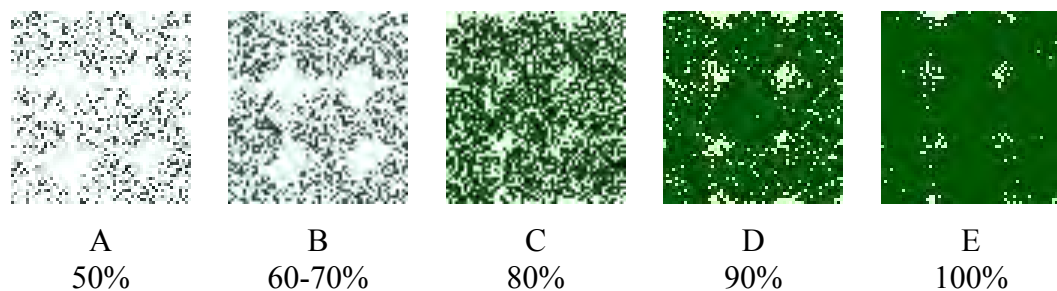
LT = Luasan Tajuk masing-masing jenis pohon (m²)/ luas area RTH

Kerapatan = Kerapatan Tajuk masing-masing jenis pohon (%) (minimal 50%, maksimal 100%)

S = Laju serapan CO₂ (gram/detik)

Nilai laju serapan (S) diperoleh dari Persamaan (2.5) maupun dari Tabel (2.8)

Penentuan persentase kerapatan tajuk didasarkan pada penilaian secara visual. Penilaian ini bersifat subyektif sehingga dibutuhkan acuan. Kerapatan tajuk ditentukan berdasarkan ketebalan tutupan daun dalam satu area untuk RTH publik. Penentuan kerapatan dianggap seragam untuk masing-masing jenis RTH Publik. Sehingga diasumsikan terjadi keseragaman kerapatan untuk tiap jenis RTH Publik di seluruh wilayah studi. Penentuan kerapatan untuk RTH privat adalah tiap pohon dan stiap jenis perdu. Penentuan asumsi kerapatan tajuk ini dilakukan berdasarkan pengembangan dari penelitian terdahulu yang telah dijelaskan pada Bab 2. Gambar 3.2 merupakan bentuk visualisasi penentuan kerapatan tajuk.



Gambar 3.2 Visualisasi Penentuan Persentase Kerapatan Tajuk

Demikian halnya untuk RTH privat. Perhitungan ini didasari oleh perhitungan luasan RTH privat eksisting pada masing-masing responden sesuai wilayah pengembangan (desa dan kota) yang diperoleh dari kuisioner. Pada tahap ini dilakukan perhitungan untuk menentukan daya serap CO₂ rata-rata dengan menggunakan Persamaan (2.9). Setelah dilakukan perhitungan maka diketahui kemampuan penyerapan CO₂ oleh RTH per satuan luas yang kemudian dikalikan dengan luasan RTH privat eksisting tiap responden dengan menggunakan Persamaan (2.10). Sehingga dapat diketahui kemampuan RTH privat eksisting pada masing-masing responden dalam menyerap emisi CO₂ sesuai tipe rumah (Yusrinoati, 2012).

Selanjutnya dihitung rata-rata kemampuan RTH privat eksisting dalam menyerap emisi CO₂ dengan menggunakan Persamaan (2.11). Setelah diperoleh hasil kemampuan rata-rata RTH privat eksisting dalam menyerap emisi CO₂, hasil ini selanjutnya dikalikan dengan total rumah yang ada di Kabupaten Sidaorjo sesuai masing-masing status wilayah desa atau kota dengan menggunakan Persamaan (2.12) sehingga diperoleh total kemampuan daya serap RTH privat (permukiman).

d. Pemetaan Persebaran RTH Berdasarkan Kemampuan Serapan Terhadap CO₂

Setelah dilakukan perhitungan kemampuan RTH dalam menyerap emisi tersebut, kemudian dilakukan pemetaan lokasi RTH eksisting berdasarkan kemampuan serapan terhadap CO₂. Dengan demikian dapat diketahui lokasi-lokasi yang membutuhkan penambahan RTH. Pemetaan ini akan dilakukan dengan SIG.

3.3.5 Pembahasan

Setelah perhitungan selesai dilakukan, maka dilakukan analisis data pembahasan berdasarkan hasil yang didapatkan selama penelitian berlangsung. Analisis dan pembahasan dilakukan untuk mengetahui kecukupan RTH eksisting di wilayah studi dalam menyerap emisi CO₂. Dalam pembahasan dilakukan

analisis mencakup tiga aspek, yakni aspek teknis, aspek lingkungan dan aspek hukum/ peraturan.

1. Aspek Teknis

Pembahasan dilakukan untuk mengetahui metode penentuan faktor serapan yang sesuai dengan kondisi wilayah setempat, serta perbandingan antara kemampuan serapan total emisi CO₂ oleh RTH dengan beban polusi CO₂ di Kabupaten Sidoarjo. Tujuan dibandingkan nilai tersebut adalah untuk mengetahui apakah kemampuan serapan emisi CO₂ oleh RTH sudah mencukupi untuk mereduksi beban polusi CO₂ di Kabupaten Sidoarjo, dan seberapa besar gap yang terjadi.

Setelah itu, dilakukan pembahasan mengenai penyebaran kemampuan serapan oleh RTH di Kabupaten Sidoarjo dengan pemetaan tapak karbon menggunakan SIG. Hasil yang diharapkan adalah penyebaran kemampuan serapan karbon oleh RTH di suatu wilayah termasuk tingkatan dengan kemampuan serapan rendah, sedang, atau tinggi. Dari hasil tersebut dapat dianalisis apa yang harus dilakukan setelah mengetahui kemampuan serapan di wilayah tersebut, apa yang perlu dilakukan oleh pemerintah setempat dalam melakukan pengembangan wilayah dan metode apa yang paling sesuai dengan kondisi ketersediaan data daerah setempat.

2. Aspek Lingkungan

Pembahasan aspek lingkungan dilakukan dengan menentukan dampak yang ditimbulkan akibat kurangnya RTH dalam fungsinya sebagai penyerap emisi CO₂ di Kabupaten Sidoarjo. Sehingga diketahui cara penanggulangan dari dampak yang ditimbulkan. Cara penanggulangan meliputi proses adaptasi dan proses mitigasi dampak.

Proses pendugaan dampak dilakukan dengan metode *Rapid Assessment Process* (RAP). RAP adalah salah satu cara untuk menentukan dampak yang ditimbulkan dari suatu kegiatan atau tren perubahan iklim dengan waktu yang singkat dan sumber daya yang terbatas. Tahap-tahap yang harus dilalui adalah (Anonim, 2014):

- Pengumpulan Data, Langkah awal sebelum melakukan pengumpulan data adalah mengenali sumber dampak dan akibatnya. Dalam hal ini

diidentifikasi sumber dampak adalah tingginya emisi CO₂ yang tidak terserap akibat minimnya RTH sebagai penyerap emisi.

- Perhitungan, Data yang dikumpulkan biasanya perlu konversi ke satuan lain, dan sedapat mungkin ditelaah kaitannya. Sehingga dapat ditentukan dampak yang akan timbul pada wilayah tertentu.

Dalam penelitian ini, pendugaan dampak dan upaya adaptasi mitigasi dilakukan untuk wilayah (kecamatan) dengan luas RTH yang tidak mencukupi fungsinya sebagai penyerap emisi CO₂. Dilakukan pendugaan dampak dan upaya adaptasi mitigasi sesuai dengan kondisi dan peruntukan lahan di kecamatan tersebut. Dilakukan penyusunan skenario penambahan luas RTH untuk meningkatkan kemampuan serapan emisi CO₂ sebagai bentuk upaya adaptasi.

3. Aspek Ekonomi

Pembahasan aspek ekonomi bertujuan untuk mengetahui nilai ekonomi dari skenario yang di susun. Sehingga diketahui skenario mana yang lebih memungkinkan untuk di aplikasikan di Kabupaten Sidoarjo. Penetapan harga dalam perhitungan aspek ekonomi masing-masing skenario disesuaikan dengan Standar Satuan Harga Belanja Daerah Kota Surabaya 2012. Digunakan standar ini karena diasumsikan kondisi perekonomian dan harga jual barang di Kabupaten Sidoarjo paling mendekati dengan standar harga Kota Surabaya.

3.3.6 Tahap Kesimpulan dan Saran

Dari analisis dan pembahasan dapat ditarik kesimpulan serta saran yang dapat menjawab rumusan dan tujuan dari penelitian ini. Saran diberikan untuk perbaikan penelitian dan masukan untuk pelaksanaan penelitian selanjutnya. Selain saran diberikan rekomendasi mengenai langkah-langkah ataupun upaya yang dapat dilakukan dalam melestarikan maupun meningkatkan keberadaan RTH publik dan permukiman khususnya di wilayah studi.

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1. Aspek Teknis

Penentuan kemampuan serapan emisi CO₂ dapat diestimasi berbasis pelingkupannya seperti lahan perorangan, luasan suatu area, atau suatu wilayah tertentu, dan seterusnya sampai lingkup global. Dengan demikian ketepatan dalam mengestimasi kemampuan serapan setiap lingkup wilayah akan sangat ditentukan ketelitian data dalam menginventarisasi jenis lokasi dan besaran kontributornya.

Semakin besar lingkup perhitungan maka dibutuhkan data inventarisasi yang semakin lengkap dan valid, agar diperoleh hasil estimasi kemampuan serapan yang semakin baik. Namun demikian, dalam mengestimasi kemampuan serapan suatu lingkup wilayah tidak harus menunggu data valid dan lengkap. Estimasi semestinya dapat dilakukan dengan data-data yang ada dan asumsi-asumsi yang baik secara akademik, dengan mempertimbangkan wilayah lain yang sejenis sebagai referensi. Estimasi ini dapat dijadikan pijakan awal dalam evaluasi kemampuan serapan emisi CO₂. Selanjutnya, dengan memperbaiki kualitas data inventaris, kelengkapan, dan kevalidan data, maka hasil estimasi berikutnya akan semakin baik, atau bahkan untuk mengoreksi estimasi sebelumnya.

Untuk mengestimasi dan mengkaji kemampuan serapan RTH suatu wilayah kota, idealnya adalah didasarkan pada data-data yang valid, lengkap, dan detail yang menggambarkan lokasi-lokasi RTH baik publik maupun privat. Dengan demikian semakin lengkap data suatu wilayah maka dapat dilakukan estimasi kemampuan serapan semakin baik. Namun, pelaksanaan pengelolaan, kemampuan akses informasi, taraf sosial masyarakat, dan kondisi wilayah yang berbeda-beda menyebabkan beragamnya pola data-data inventaris, kelengkapan, kedetailan dan kevalidannya.

Data-data dengan kualitas dan pola yang berbeda ini, memungkinkan menjadi sumber perbedaan yang signifikan jika dipaksakan untuk mengestimasi kemampuan serapan emisi CO₂ oleh RTH suatu wilayah. Sehingga perlu adanya pemaksimalan dalam pemberdayaan data yang tersedia di tambah asumsi-asumsi

yang sesuai sehingga dapat dilakukan penentuan potensi penyerapan emisi CO₂ oleh masing-masing jenis RTH.

4.1.1 Inventarisasi dan Potensi Penyerapan Masing-Masing Ruang Terbuka Hijau

Secara eksisting, RTH di wilayah perencanaan terbagi atas RTH Publik dan RTH Privat. Secara fisik RTH dapat dibedakan menjadi RTH alami berupa habitat liar alami, kawasan lindung dan taman-taman nasional serta RTH non alami atau binaan seperti taman, lapangan olahraga, pemakaman atau jalur-jalur hijau jalan. Dilihat dari fungsi RTH dapat berfungsi ekologis, sosial budaya, estetika dan ekonomi. Secara struktur ruang, RTH dapat mengikuti pola ekologis (mengelompok, memanjang dan tersebar), maupun pola planologis yang mengikuti hirarki dan struktur ruang perkotaan (DKP Kabupaten Sidoarjo, 2013).

Data-data sekunder dari berbagai instansi, hasil penelitian terdahulu, dan hasil survey menjadi sumber-sumber data inventarisasi dalam inventarisasi dan penentuan serapan emisi CO₂ di Kabupaten Sidoarjo ini. Data-data yang dikumpulkan dari berbagai sumber tersebut kemudian diinventaris dalam 2 kelompok yaitu Ruang Terbuka Hijau Publik dan Ruang Terbuka Hijau Privat. Beberapa Ruang Terbuka Hijau di wilayah perencanaan yang dapat teridentifikasi adalah sebagai berikut.

4.1.1.1 Ruang Terbuka Hijau Publik

Berdasarkan pengumpulan data tentang RTH Publik, secara umum Kabupaten Sidoarjo memiliki beberapa tipe RTH yang cukup signifikan, dan luasannya tercatat pada data Dinas Kebersihan dan Pertamanan (DKP) maupun Dinas Pekerjaan Umum Cipta Karya maupun BPS Kabupaten Sidoarjo. Beberapa tipe RTH tersebut antara lain taman, jalur hijau, pulau jalan, median jalan, jalur hijau jalan TOL, sawah, tambak, lapangan, pemakaman, dan area tutupan mangrove.

a. RTH Berbentuk Jalur Hijau Koridor Jalan

Jalur hijau koridor jalan yang tertata pada umumnya terletak di jalan-jalan utama Kawasan Perkotaan. Pola tata hijau berbentuk linear dan jenis vegetasi pada

koridor jalan tersebut mayoritas berfungsi sebagai pohon peneduh dan pengarah jalan. Beberapa jalan yang teridentifikasi sebagai koridor jalan dengan jalur hijau yang tertata dilihat berdasarkan tata hijau dengan jenis vegetasi yang seragam, jarak tanam dan fungsi yang diberikan dari jenis vegetasi tersebut. Rata-rata vegetasi yang digunakan sepanjang jalur hijau adalah Glodogan Tiang dan Angsana. Jalur hijau tersebut antara lain berada pada beberapa koridor jalan berikut:

- | | |
|--------------------------------|-----------------------------|
| a. Jalan Raden M. Mangkudirojo | g. Jalan Sultan Agung |
| b. Jalan Raya Candi | h. Jalan Gubernur Suryo |
| c. Jalan Trunojoyo | i. Jalan Cokronegoro |
| d. Jalan Kartini | j. Jalan Lingkar Barat |
| e. Jalan Untung Suropati | k. Jalan Jenggolo |
| f. Jalan Kom.Bes.Pol.M.Dulyat | l. Sebagian Jalan Pagerwojo |



Gambar 4.1 Gambaran Jalur Hijau di Kabupaten Sidoarjo

Gambar 4.1 memberikan gambaran jenis vegetasi yang digunakan sebagai jalur hijau di Kabupaten Sidoarjo. Dua jenis vegetasi yang paling banyak digunakan adalah Glodogan Tiang dan Angsana. Di mana kedua pohon tersebut memiliki fungsi sebagai tanaman peneduh dan pengarah jalan. Dari kedua jenis pohon tersebut, Angsana sangat sesuai sebagai pohon peneduh, karena tutupan kanopinya yang cukup lebar sehingga dapat melindungi pejalan kaki dari terik matahari. Sementara Glodogan tiang lebih sesuai sebagai penghijau dan pengarah jalan karena kerapatan daunnya.

b. Taman, Pulau dan Median Jalan

Taman pulau jalan adalah RTH yang terbentuk oleh geometris jalan seperti pada persimpangan tiga atau bundaran jalan. Median jalan dapat berupa taman atau non taman, jika median jalan berupa taman maka sudah ada penataan atau tata hijau yang ditata dengan jenis vegetasi dan memiliki fungsi tertentu, jika median jalan berupa non taman, keberdaannya masih berupa *hard space* (tidak ada penanaman jenis vegetasi).

Kondisi eksisting beberapa RTH Publik di wilayah Kabupaten Sidoarjo tergolong tertata dengan baik. Hal ini dapat diamati dari penataan jenis vegetasi di dalam taman. Jenis vegetasi tertata sesuai dengan fungsi dan penempatannya. Salah satunya adalah jika terdapat jalur pejalan kaki, maka jenis vegetasi dengan fungsi peneduh dan pengarah ditanam pada kanan kiri pedestrian, untuk memberikan kenyamanan dan kemudahan bagi para pengunjung (pejalan kaki) untuk menikmati keindahan taman. Tanaman-tanaman hias sebagai penambah nilai estetika juga ditata di area taman.

c. Sawah, Tambak, Lapangan, Pemakaman, dan Area Tutupan Mangrove

Data inventarisasi RTH jenis sawah, tambak, lapangan, pemakaman dan mangrove diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum Cipta Karya, Citra Satelit menggunakan *Google Earth* pada Tahun 2014 dan BPS Kabupaten Sidoarjo. Vegetasi dalam area sawah dan lapangan tergolong 100% perdu dan rumput. sementara di tambak, mangrove dan pemakaman dapat dibagi menjadi jenis perdu dan jenis pohon. Tidak semua kecamatan di Sidoarjo memiliki RTH privat berupa sawah, tambak, lapangan, pemakaman dan mangrove, bahkan tahun 2013 luasan RTH khususnya jenis sawah, tambak dan lapangan semakin berkurang akibat perubahan tata guna lahan menjadi perumahan, pergudangan maupun industri.

Tabel 4.1 memberikan gambaran visual tentang pengelolaan dan kondisi eksisting beberapa jenis RTH di Kabupaten Sidoarjo. Penjelasan kondisi eksisting diperoleh dari hasil pengamatan. Beberapa jenis RTH yang diamati antara lain RTH pedestrian atau jalur hijau, taman kota, pulau jalan, dan median jalan.

Tabel 4.1 Kondisi Eksisting Beberapa RTH

Gambar	Kondisi Eksisting
	Pulau Jalan di jalan Mojopahit masih cukup tertata dengan baik. Memiliki luas area $\pm 2,640.00 \text{ m}^2$ dan terdiri dari 90 % perdu berupa tanaman hias jenis Heliconia, Gajah mini, Tri colour, dan jenis perdu lain. Pohon yang ditanam adalah bunga kamboja.
	Median jalan di Jalan Cokronegoro berupa taman seluas 250 m^2 di tepi median dan menggunakan paving ditengahnya, tumbuhan ditata dengan menggunakan pot, jenis perdu yang ditanam sangat beragam. Pohon yang ditanam adalah Angsana. Tutupan lahan mencapai 90%.
	Pedestrian jalan di taman Jalan Jenggolo. Pedestrian yang berupa <i>hard space</i> (paving), sudah ditunjang dengan penataan jenis vegetasi tetapi belum dapat memberikan fungsi peneduh dan kenyamanan bagi pejalan kaki. Jenis vegetasi yang ditanam adalah perdu meliputi Heliconia, Hanjuang Merah, Pandan kuning, dan beberapa jenis lain. Tutupan lahannya 60% perdu dan 40% paving.
	Pedestrian di Jalan Sultan Agung hanya dilengkapi dengan satu jenis vegetasi saja yakni Glodogan Tiang dengan tinggi $\pm 10 \text{ m}$ dan menutupi 40% lahan pedestrian.
	Tugu Alun-alun Sidoarjo merupakan taman skala kecamatan yang sering digunakan oleh masyarakat untuk bersantai. Taman berupa <i>hardspace</i> (paving) ini memiliki jumlah RTH seluas $33,480.00 \text{ m}^2$. 40% tutupan lahannya adalah rumput, 30 % pohon Glodogan Tiang, Beringin dan Angsana serta 30% paving.

Lanjutan Tabel 4.1

Gambar	Kondisi Eksisting
	<p>Area pemakaman Desa Siwalanpanji, Kecamatan Buduran sangat berpotensi untuk ditata. Secara eksisting telah ada beberapa jenis vegetasi antara lain Kamboja dan Beringin. Tutupan lahan oleh pohon hanya mencapai 40% area sehingga nampak gersang. Namun lantai pemakaman 80% tertutup oleh rumput dan perdu.</p>
	<p>Tepi kiri kanan jalan tol dapat difungsikan sebagai ruang terbuka hijau (RTH). Dan ini sudah sesuai amanat Undang-Undang No. 26/2007 tentang Penataan Ruang. Sepanjang Jalur TOL Sidoarjo-Porong ditanami pohon trembesi, bintaro, mahoni, akasia dan jenis pohon peneduh lain. Lebar jalur hijau ini mencapai 2-3 meter.</p>
	<p>Area tambak yang berada di wilayah Kecamatan Sedati berpotensi untuk ditata dengan jenis vegetasi yang sesuai dengan lokasi pertambakan, atau dijadikan tambak tumpang sari. Vegetasi yang dapat di gunakan antara lain berbagai jenis Avicenia dan Rhizopora. Rata-rata tutupan lahan tambak di Kabupaten Sidoarjo adalah $\pm 50\%$.</p>
	<p>Area sawah yang berada di wilayah Kecamatan Tulangan berpotensi untuk dioptimalkan sebagai serapan emisi CO₂, yakni dengan melestarikan budaya tumpang sari. Rata-rata laju serapan RTH sawah adalah 12 Ton CO₂/Ha/ Tahun.</p>

Sumber: Hasil Pengamatan, 2014

Tabel 4.1 memberikan gambaran singkat secara visual tentang kondisi eksisting berbagai jenis RTH di Kabupaten Sidoarjo. Secara visual RTH di Kabupaten Sidoarjo sebagian besar telah dikelola dengan baik. Khususnya RTH Publik di wilayah perkotaan, seperti di Kecamatan Sidoarjo, Kecamatan Buduran dan Kecamatan Taman. Untuk mengetahui kondisi masing-masing RTH dan

estimasi kemampuan serapannya terhadap emisi CO₂, maka dilakukan inventarisasi dan penentuan kemampuan serapan RTH baik publik maupun privat di Kabupaten Sidoarjo.

1. Penentuan Luas Tutupan Vegetasi RTH Publik

Penentuan luas tutupan vegetasi RTH Publik adalah berdasarkan data sekunder yang diperoleh dari Dinas terkait, antara lain Dinas Kebersihan dan Pertamanan (DKP), Dinas Pekerjaan Umum (PU) Cipta Karya, Badan Pusat Statistik (BPS), dan Badan Perencanaan dan Pembangunan Daerah (BAPPEDA) Kabupaten Sidoarjo. Data sekunder tersebut kemudian di kombinasikan sehingga menemukan hasil yang paling sesuai.

Tabel 4.2 memberikan informasi tentang hasil inventarisasi luasan area masing-masing jenis RTH Publik perkecamatan di Kabupaten Sidoarjo. Beberapa jenis RTH yang berhasil di inventarisasi antara lain taman, jalur hijau, pulau jalan, median jalan, jalur hijau jalan TOL, sawah, tambak, lapangan, pemakaman, dan area tutupan mangrove. Data Luas area RTH publik diperoleh berdasarkan data dari DKP Dinas Pekerjaan Umum Cipta Karya dan Badan Pusat Statistik, dan Badan Perencanaan dan Pembangunan Daerah (BAPPEDA) Kabupaten Sidoarjo. Data luas tutupan mangrove diperoleh dari

Berdasarkan Tabel 4.2 diketahui bahwa luas area RTH Publik di Kabupaten Sidoarjo adalah 1.508.007,38 ha. Kecamatan Sidoarjo adalah satu-satunya kecamatan yang memiliki seluruh jenis RTH publik taman, jalur hijau, pulau jalan, median jalan, jalur hijau jalan TOL, sawah, tambak, lapangan, pemakaman, dan area tutupan mangrove. Sehingga Kecamatan Sidoarjo merupakan kecamatan dengan luas area RTH tertinggi sebesar 626.045,75 Ha, mencapai 42% dari keseluruhan area RTH publik di Kabupaten Sidoarjo.

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum tahun 2008 tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan RTH di Wilayah Perkotaan, proporsi RTH pada wilayah perkotaan adalah sebesar minimal 30% yang terdiri dari 20% RTH dan 10% terdiri dari ruang terbuka hijau privat (Gambar 2.7). Berdasarkan peraturan tersebut maka Kabupaten Sidoarjo memiliki kewajiban menyediakan 20% dari keseluruhan luas wilayahnya untuk dijadikan RTH.

Tabel 4.2 Luas Masing-Masing Jenis RTH Publik Perkecamatan Di Kabupaten Sidoarjo

Kecamatan	Luas Ruang Terbuka Hijau (Ha)								Total
	Taman	Jalur Hijau, Pulau, Median Jalan	Jalur Hijau TOL	Sawah	Lapangan	Tambak	Pemukaman	Mangrove	
Sidoarjo	6,19	5,62	1,65	310,00	105.400,00	3.655,95	516.591,59	64,74	626.045,75
Buduran	1,94	5,05	8,79	639,50	29.200,00	-	51.000,00	30,84	80.886,12
Candi	0,21	0,92	5,29	1.036,50	20.100,00	-	37.400,00	-	58.542,91
Porong	1,15	-	-	1.007,51	-	-	-	-	1.008,66
Krembung	-	-	-	1.856,80	-	-	-	-	1.856,80
Tulangan	-	-	-	1.868,61	-	-	-	-	1.868,61
Tanggulangin	0,10	0,61	6,61	1.416,10	19.200,00	-	15.600,00	-	36.223,42
Jabon	-	-	-	1.564,00	-	733,87	-	314,21	2.612,08
Krian	0,10	0,02	-	1.738,88	73.500,00	-	68.200,00	-	143.438,99
Balongsendo	-	-	-	2.243,00	-	-	-	-	2.243,00
Wonoayu	-	-	-	2.106,00	-	-	-	-	2.106,00
Tarik	-	-	-	2.112,00	-	-	-	-	2.112,00
Prambon	-	-	-	2.072,97	-	-	-	-	2.072,97
Taman	4,47	0,20	4,96	736,00	23.600,00	-	23.108,16	-	47.453,79
Waru	0,02	2,14	-	571,09	18.400,00	-	107.381,57	-	126.354,81
Gedangan	4,04	1,52	-	675,70	9.400,00	-	25.240,16	-	35.321,42
Sedati	-	1,32	-	458,00	-	7.220,69	-	635,94	8.315,94
Sukodono	-	-	8,79	1.776,08	-	-	327.759,24	-	329.544,11
Jumlah	28,20	17,39	34,44	24.188,74	298.800,00	11.610,51	1.172.280,72	1.045,73	1.508.007,38

Sumber: Dinas Kebersihan dan Pertamanan, Dinas Pekerjaan Umum Cipta Karya, 2013

Hal tersebut juga diatur dalam RIK Peraturan Daerah Kabupaten Sidoarjo Nomor 6 Tahun 2009 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Sidoarjo Tahun 2009-2029 Pasal 51 ayat (11)-a. Disebutkan bahwa kawasan permukiman perkotaan dengan ketentuan 30% dari wilayah perkotaan digunakan sebagai ruang terbuka hijau, yang meliputi 20% ruang terbuka hijau publik dan 10% ruang terbuka hijau privat.

Berdasarkan hasil perhitungan, luas wilayah Kabupaten Sidoarjo adalah 71.427 Ha. Syarat minimal luas RTH Publik adalah 20% dari luasan tersebut, sehingga diperoleh luas minimum yang harus dipenuhi adalah 14.285,4 Ha. Sementara dari Tabel 4.2 diketahui total luas RTH Publik di Kabupaten Sidoarjo adalah 1.508.007,38 Ha. Dapat disimpulkan bahwa RTH Publik di Kabupaten Sidoarjo sudah memenuhi peraturan yang berlaku.

2. Penentuan Daya Serap CO₂ pada Ruang Terbuka Hijau Publik Eksisting

Penentuan daya serap CO₂ pada RTH publik dilakukan berdasarkan luas tutupan vegetasi yang telah disajikan pada Tabel 4.2. Perhitungan ini didasari oleh data luasan RTH publik eksisting yang diperoleh dari data sekunder. Data diperoleh dari dinas terkait meliputi Dinas Kebersihan dan Pertamanan, Dinas Perencanaan Umum Cipta Karya, Badan Pusat Statistik, dan Badan Perencanaan dan Pembangunan Daerah (BAPPEDA) Kabupaten Sidoarjo. Ruang Terbuka Hijau Publik di Kabupaten Sidoarjo yang diamati meliputi Taman kota, Jalur hijau, Jalur hijau TOL, Sawah, Lapangan, Tambak, Pemakaman, dan Mangrove.

Tujuan dilakukannya perhitungan ini adalah untuk mengetahui kemampuan RTH publik dalam menyerap emisi CO₂ per satuan luas. Hasil perhitungan ini kemudian akan digunakan sebagai faktor pengali untuk menghitung kemampuan RTH publik eksisting pada tiap kecamatan dalam menyerap emisi CO₂.

Sebelum melakukan penentuan kemampuan atau daya serap CO₂ oleh RTH dengan pendekatan luas area maka harus menentukan faktor serapan Emisi CO₂. Faktor serapan ini yang kemudian disebut sebagai laju serapan menjadi salah satu faktor pengali untuk menentukan seberapa besar suatu jenis RTH dapat menyerap emisi CO₂ dalam satuan waktu tertentu. Untuk menghitung laju serapan ini dibutuhkan data intensitas cahaya yang berlaku di wilayah studi. Berdasarkan

penelitian yang telah dilakukan oleh Adiastari (2010), intensitas cahaya untuk Kabupaten Sidoarjo seperti tertulis pada Tabel 2.9

Berdasarkan Persamaan 2.10, maka dapat dihitung laju serapan CO₂ oleh tumbuhan seperti contoh perhitungan berikut ini.

Contoh perhitungan Bulan Januari:

- $I = 409,30 \text{ watt/m}^2$
- $S = 0,2278 \times e^{(0,0048 \times 409,30)}$
 $= 1,6251 \text{ } \mu\text{g/cm}^2/\text{menit}$
 $= 2,71 \times 10^{-8} \text{ g/cm}^2/\text{detik}$

Hasil perhitungan selengkapnya disajikan dalam Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Laju Serapan CO₂ oleh RTH

Bulan	I	S	S
	(watt/m ²)	($\mu\text{g/cm}^2/\text{menit}$)	(g/cm ² /detik)
Januari	409,34	1.6251	0,000000027084
Februari	467,06	2.1438	0,000000035730
Maret	425,83	1.7589	0,000000029315
April	424,86	1.7507	0,000000029179
Mei	389,46	1.4771	0,000000024619
Juni	389,46	1.4771	0,000000024619
Juli	384,12	1.4398	0,000000023996
Agustus	397,70	1.5368	0,000000025613
September	432,14	1.8130	0,000000030216
Oktober	420,01	1.7105	0,000000028508
November	423,41	1.7386	0,000000028976
Desember	402,07	1.5693	0,000000026155
Rata-rata			0,0000000278341

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan Tabel 4.3, diperoleh hasil rata-rata serapan CO₂ oleh RTH yaitu sebesar $2,783 \times 10^{-8} \text{ g CO}_2/\text{cm}^2/\text{detik}$. Angka ini nantinya akan digunakan sebagai salah satu faktor pengali untuk menghitung laju serapan CO₂ oleh RTH dengan pendekatan luasan area. Selain menggunakan faktor pengali dari Tabel 4.3 digunakan juga faktor pengali dari Tabel 2.8 di Bab 2, khusus untuk perhitungan saya serap CO₂ oleh RTH sawah, lapangan, dan tambak.

Setelah diketahui faktor serapan RTH terhadap emisi CO₂ maka dapat dilakukan perhitungan penentuan estimasi daya atau kemampuan serap CO₂ oleh RTH. Berikut ini akan dijelaskan mengenai metode penentuan estimasi kemampuan serap emisi CO₂ oleh masing-masing jenis RTH di Kabupaten Sidoarjo dengan pendekatan luas area.

1. Penentuan Daya Serap CO₂ Oleh RTH Taman Kota

Daya serap CO₂ oleh RTH Taman kota dihitung untuk seluruh taman kota yang terdapat di Kabupaten Sidoarjo sesuai dengan data yang diperoleh dari Dinas Kebersihan dan Pertamanan (DKP) serta Dinas Perencanaan Umum Cipta Karya Kabupaten Sidoarjo. Berdasarkan data yang diperoleh, di Kabupaten Sidoarjo terdapat sembilan kecamatan yang tidak memiliki taman kota atau memiliki taman kota yang tidak dipelihara. Sehingga kesembilan kecamatan tersebut tidak dimasukkan dalam perhitungan. Perhitungan dilakukan dengan pendekatan luas area taman.

Berdasarkan Persamaan 3.4 dengan asumsi kerapatan tajuk adalah 100%, maka dapat dihitung laju serapan CO₂ oleh tumbuhan seperti contoh perhitungan berikut ini. Nilai LT (tutupan lahan) diperoleh berdasarkan Tabel 4.2.

Contoh Perhitungan Kec. Sidoarjo:

$$\begin{aligned}\text{Daya Serap RTH Taman} &= LT \times \% \text{ Kerapatan} \times S \\ &= 6,19 \times 10^8 \text{ cm}^2 \times 100\% \times 2,783 \times 10^{-8} \text{ g/cm}^2/\text{detik} \\ &= 17,23 \text{ g CO}_2/\text{detik}\end{aligned}$$

Perhitungan selengkapnya dibantu dengan program MS. Excel. Hasil perhitungan disajikan dalam Tabel 4.4. Dari hasil perhitungan yang ditampilkan pada Tabel 4.4, diperoleh bahwa total daya serap emisi CO₂ oleh RTH Taman Kota di Kabupaten Sidoarjo adalah 50,71 g CO₂/detik. Terdapat sembilan kecamatan yang terdata tidak memiliki taman kota, atau tergolong memiliki taman kota yang tidak terawat. Kesembilan kecamatan tersebut antara lain Krembung, Tulangan, Jabon, Balongbendo, Wonoayu, Tarik, Prambon, Sedati dan Sukodono.

Tabel 4.4 Daya Serap Emisi CO₂ oleh RTH Taman Kota di Kabupaten Sidoarjo

No	Kecamatan	Luas Taman (Ha)	Luas Taman (cm ²)	Laju serap CO ₂ (g/cm ² /detik)	Total Daya Serap (g/detik)
1	Sidoarjo	6,19	619.000.000	$2,783 \times 10^{-8}$	17,23
2	Buduran	1,94	194.000.000	$2,783 \times 10^{-8}$	5,40
3	Candi	0,21	21.000.000	$2,783 \times 10^{-8}$	0,58
4	Porong	1,15	115.000.000	$2,783 \times 10^{-8}$	3,20
5	Krembung	-	-	-	-
6	Tulangan	-	-	-	-
7	Tanggulangin	0,1	10.000.000	$2,783 \times 10^{-8}$	0,28
8	Jabon	-	-	-	-
9	Krian	0,1	10.000.000	$2,783 \times 10^{-8}$	0,28
10	Balongsendo	-	-	-	-
11	Wonoayu	-	-	-	-
12	Tarik	-	-	-	-
13	Prambon	-	-	-	-
14	Taman	4,47	447.000.000	$2,783 \times 10^{-8}$	12,44
15	Waru	0,02	2.000.000	$2,783 \times 10^{-8}$	0,06
16	Gedangan	4,04	404.000.000	$2,783 \times 10^{-8}$	11,24
17	Sedati	-	-	-	-
18	Sukodono	-	-	-	-
Total		18,22	1.822.000.000		50,71

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari sembilan kecamatan yang terdata memiliki taman yang terpelihara, kecamatan dengan Luas area taman tertinggi adalah Kecamatan Sidoarjo, sehingga Kecamatan Sidoarjo memiliki nilai daya serap yang paling tinggi pula, yakni 17,23 g CO₂/detik.

2. Penentuan Daya Serap CO₂ Oleh RTH Jalur Hijau, Pulau Jalan dan Median jalan

Daya serap CO₂ oleh pohon pelindung di jalur hijau, pulau jalan, dan median jalan dihitung sesuai dengan data yang diperoleh dari DKP. Sehingga jalur hijau, pulau jalan, dan median jalan yang diperhitungkan hanyalah yang berada di bawah pemeliharaan Dinas Kebersihan dan Pertamanan (DKP) tersebut.

Dari hasil perhitungan diperoleh bahwa total daya serap emisi CO₂ oleh RTH jalur hijau, pulau jalan, dan median jalan di Kabupaten Sidoarjo adalah 48,46 g CO₂/detik. Berdasarkan Persamaan 3.4 dengan asumsi kerapatan tajuk adalah

100%, maka dapat dihitung laju serapan CO₂ oleh tumbuhan seperti contoh perhitungan berikut ini. Nilai LT (tutupan lahan) diperoleh berdasarkan Tabel 4.2.

Contoh Perhitungan Kec. Sidoarjo:

$$\begin{aligned}\text{Daya Serap RTH Taman} &= LT \times \% \text{ Kerapatan} \times S \\ &= 5,62 \times 10^8 \text{ cm}^2 \times 100\% \times 2,783 \times 10^{-8} \text{ g/cm}^2/\text{detik} \\ &= 15,64 \text{ g CO}_2/\text{detik}\end{aligned}$$

Perhitungan selengkapnya dibantu dengan program MS. Excel. Hasil perhitungan disajikan dalam Tabel 4.5 berikut.

Tabel 4.5 Daya Serap Emisi CO₂ Oleh RTH Luas Jalur Hijau, Pulau dan Median Jalan di Tiap Kecamatan di Kabupaten Sidoarjo

No	Kecamatan	Luas (Ha)	Luas (cm ²)	Daya serap (g CO ₂ /cm ² /detik)	Total Daya Serap (g CO ₂ /detik)
1	Sidoarjo	5,62	562.000.000	2,783 x 10 ⁻⁸	15,64
2	Buduran	5,05	505.000.000	2,783 x 10 ⁻⁸	14,06
3	Candi	0,92	92.000.000	2,783 x 10 ⁻⁸	2,56
4	Porong	-	-	-	-
5	Krembung	-	-	-	-
6	Tulangan	-	-	-	-
7	Tanggulangin	0,61	61.000.000	2,783 x 10 ⁻⁸	1,70
8	Jabon	-	-	-	-
9	Krian	0,02	2.000.000	2,783 x 10 ⁻⁸	0,06
10	Balongsendo	-	-	-	-
11	Wonoayu	-	-	-	-
12	Tarik	-	-	-	-
13	Prambon	-	-	-	-
14	Taman	0,2	20.000.000	2,783 x 10 ⁻⁸	0,56
15	Waru	2,14	214.000.000	2,783 x 10 ⁻⁸	5,96
16	Gedangan	1,53	153.000.000	2,783 x 10 ⁻⁸	4,26
17	Sedati	1,32	132.000.000	2,783 x 10 ⁻⁸	3,67
18	Sukodono	-	-	-	-
Total		17,41	1.741.000.000		48,46

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari hasil perhitungan yang ditampilkan pada Tabel 4.5, diperoleh bahwa total daya serap emisi CO₂ oleh RTH Jalur Hijau, Pulau dan Median Jalan di Kabupaten Sidoarjo adalah 48,46 g CO₂/detik. Terdapat sembilan kecamatan yang terdata tidak memiliki Jalur Hijau, Pulau dan Median Jalan. Kedelapan kecamatan tersebut antara lain Porong, Krembung, Tulangan, Jabon, Balongsendo, Wonoayu, Tarik, Prambon, dan Sukodono. Dari sembilan kecamatan yang terdata, kecamatan

dengan Luas area Jalur Hijau, Pulau dan Median Jalan tertinggi adalah Kecamatan Sidoarjo, sehingga Kecamatan Sidoarjo memiliki nilai daya serap yang paling tinggi pula, yakni 15,64 g CO₂/detik,

3. Penentuan Daya Serap CO₂ Oleh RTH Jalur Hijau Jalan TOL

Sama halnya dengan metode penentuan daya serap CO₂ oleh pohon pelindung di jalur hijau, pulau jalan, dan median jalan, untuk jalur hijau TOL juga dihitung sesuai dengan data yang diperoleh dari DKP serta Dinas Perencanaan Umum Cipta Karya Kabupaten Sidoarjo, Jalur TOL di Kabupaten Sidoarjo hanya melalui enam kecamatan, yakni Kecamatan Taman, Sukodono, Buduran, Sidoarjo, Candi dan Tanggulangin.

Dari hasil perhitungan diperoleh bahwa total daya serap emisi CO₂ oleh RTH jalur hijau jalan TOL di Kabupaten Sidoarjo adalah 48,46 g CO₂/detik, Berdasarkan Persamaan 3.4 dengan asumsi kerapatan tajuk adalah 80%. Diasumsikan pula bahwa RTH Jalur TOL adalah terdiri dari 100% pohon pelindung dengan mengabaikan rumput di bawahnya, maka digunakan faktor laju serap pohon sesuai Tabel 2.8. Nilai LT (tutupan lahan) diperoleh berdasarkan Tabel 4.2. Sehingga dapat dihitung daya serapan CO₂ oleh tumbuhan seperti contoh perhitungan berikut ini,

Contoh Perhitungan Kec. Taman:

$$\begin{aligned}\text{Daya Serap RTH Taman} &= LT \times \% \text{ Kerapatan} \times S \\ &= 4,96 \text{ Ha} \times 80\% \times 18,05 \text{ g CO}_2/\text{Ha}/\text{detik} \\ &= 89,51 \text{ g CO}_2/\text{detik}\end{aligned}$$

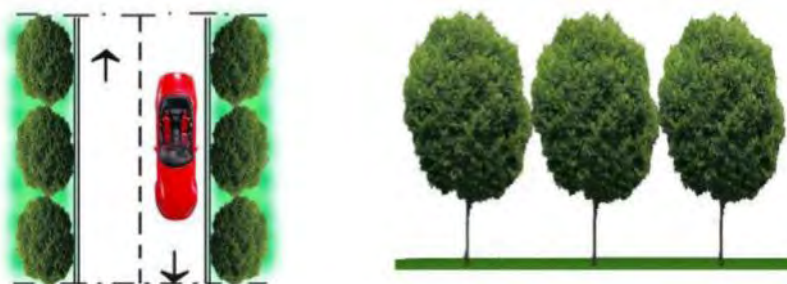
Perhitungan selengkapnya dibantu dengan program MS, Excel, Hasil perhitungan disajikan dalam Tabel 4.6. Berdasarkan Tabel 4.6 diperoleh bahwa total luas RTH Jalur TOL adalah 36,10 Ha dengan total kemampuan serapan 651,64 g CO₂/detik. Digunakan asumsi kerapatan tajuk 80% dengan alasan berdasarkan hasil pengamatan visual bahwa pohon pelindung yang ditanam dengan jarak ± 4,5 meter antar pohon memiliki kategori berdaun lebat.

Tabel 4.6 Daya Serap Emisi CO₂ Oleh RTH Jalur Hijau Jalan TOL di Tiap Kecamatan di Kabupaten Sidoarjo

No	Kecamatan	Luas RTH (Ha)	Kerapatan	Luas Efektif (Ha)	Daya serap (g CO ₂ /Ha/detik)	Total Daya Serap (g CO ₂ /detik)
1	Taman	6,20	80%	4,96	18,05	89,51
2	Sukodono	10,99	80%	8,79	18,05	158,73
3	Buduran	10,99	80%	8,79	18,05	158,73
4	Sidoarjo	2,07	80%	1,65	18,05	29,84
5	Candi	6,61	80%	5,29	18,05	95,48
6	Tanggulangun	8,27	80%	6,61	18,05	119,35
Total				36,10		651,64

Sumber: Hasil Perhitungan

Pola penanaman di jalur hijau TOL Sidoarjo mengikuti pola jarak titik tanam pohon tidak rapat (Gambar 4.2).



Gambar 4.2 Pola penanaman Pohon Tidak Rapat di Jalur TOL Sidoarjo
(sumber: Permen PU No05/PRT/M/2012)

Dengan pola penanaman seperti Gambar 4.2 dan kategori pohon berdaun lebat sehingga diasumsikan mampu menutupi hampir seluruh area hijau di tepi jalan TOL, oleh karen itu digunakan asumsi kerapatan tajuk mencapai 80%. Jalur TOL terpanjang dengan Luas RTH terbesar ada di Kecamatan Sukodono dan Buduran, masing-masing memiliki luasan RTH yang sama yakni 10,99 Ha dengan total kemampuan serapan adalah 158,73 g CO₂/detik.

4. Penentuan Daya Serap CO₂ oleh RTH Sawah, Lapangan dan Tambak

Penentuan daya serap CO₂ oleh RTH sawah menggunakan pendekatan faktor daya serap sawah sesuai Tabel 2.8. Dari hasil perhitungan diperoleh bahwa total daya serap emisi CO₂ oleh RTH sawah adalah 9240,10 g/detik. Nilai LT (tutupan

lahan) diperoleh berdasarkan Tabel 4.2. Berdasarkan Persamaan 3.4 dengan asumsi kerapatan tajuk adalah 100%, maka dapat dihitung laju serapan CO₂ oleh sawah seperti contoh perhitungan berikut ini,

Contoh Perhitungan Kec. Sidoarjo:

$$\begin{aligned}\text{Daya Serap RTH Taman} &= LT \times \% \text{ Kerapatan} \times S \\ &= 310 \text{ Ha} \times 100\% \times 0,382 \text{ g CO}_2/\text{Ha/detik} \\ &= 118,42 \text{ g CO}_2/\text{detik}\end{aligned}$$

Perhitungan selengkapnya dibantu dengan program MS, Excel, Hasil perhitungan disajikan dalam Tabel 4.7 berikut.

Tabel 4.7 Daya Serap Emisi CO₂ Oleh RTH Sawah di Tiap Kecamatan di Kabupaten Sidoarjo

Kecamatan	Luas Lahan Sawah (Ha)	Daya Serap Sawah (g CO ₂ /Ha/detik)	Total Daya Serap (g CO ₂ /detik)
Sidoarjo	310,00	0,382	118,42
Buduran	639,50	0,382	244,29
Candi	1036,50	0,382	395,94
Porong	1007,51	0,382	384,87
Krembung	1856,80	0,382	709,30
Tulangan	1868,61	0,382	713,81
Tanggulangin	1416,10	0,382	540,95
Jabon	1564,00	0,382	597,45
Krian	1738,88	0,382	664,25
Balongbendo	2243,00	0,382	856,83
Wonoayu	2106,00	0,382	804,49
Tarik	2112,00	0,382	806,78
Prambon	2072,97	0,382	791,87
Taman	736,00	0,382	281,15
Waru	571,09	0,382	218,16
Gedangan	675,70	0,382	258,12
Sedati	458,00	0,382	174,96
Sukodono	1776,08	0,382	678,46
Total	24188,74		9240,10

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil estimasi luas dan daya serap emisi CO₂ oleh RTH sawah pada Tabel 4.7, wilayah dengan luas sawah tertinggi adalah Kecamatan

Balongsendo seluas 2.243 Ha dengan total daya serap 856,83 g CO₂/detik. Hal ini sesuai dengan ketentuan sistem perwilayahan Kabupaten Sidoarjo yang menempatkan Kecamatan Balongsendo, Wonoayu, Tarik, prambon dan Krian kedalam Sub Sistem Pengembangan Wilayah (SSWP) IV (pembagian SSWP dapat dilihat pada Lampiran 2) dengan fokus pengembangan wilayah sebagai kawasan konservasi pertanian teknis, industri non kawasan, peternakan, yang ditunjang dengan permukiman kepadatan rendah.

RTH Lapangan

Hasil perhitungan untuk mengetahui total daya serap RTH Lapangan terhadap emisi CO₂ disajikan pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Daya Serap Emisi CO₂ Oleh RTH Lapangan di Tiap Kecamatan di Kabupaten Sidoarjo

Kecamatan	Luas Lapangan (Ha)	Daya Serap (g CO ₂ /Ha/detik)	Total Daya Serap (g CO ₂ /detik)
Sidoarjo	105.400	0,381	40.111
Buduran	29.200	0,381	11.112
Candi	20.100	0,381	7.649
Porong	-	-	-
Krembung	-	-	-
Tulangan	-	-	-
Tanggulangin	19.200	0,381	7.307
Jabon	-	-	-
Krian	73.500	0,381	27.971
Balongsendo	-	-	-
Wonoayu	-	-	-
Tarik	-	-	-
Prambon	-	-	-
Taman	23.600	0,381	8.981
Waru	18.400	0,381	7.002
Gedangan	9.400	0,381	3.577
Sedati	-	-	-
Sukodono	-	-	-
Total	298.800	-	113.710

Sumber: Hasil Perhitungan

Diasumsikan tutupan lahan area lapangan adalah padang rumput dan untuk tambak adalah didominasi oleh semak belukar. Penentuan daya serap CO₂ oleh RTH Lapangan dan Tambak menggunakan pendekatan faktor daya serap padang rumput dan semak belukar sesuai Tabel 2.8.

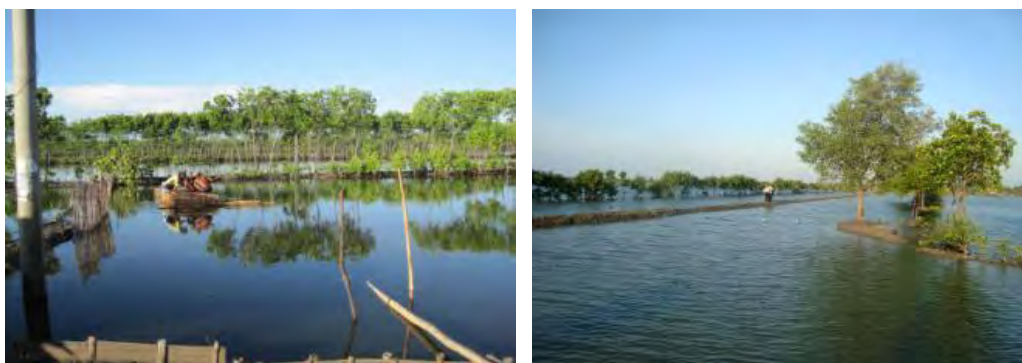
Dari hasil perhitungan diperoleh bahwa total daya serap emisi CO₂ oleh RTH Lapangan adalah 113.710 g CO₂/detik dan tambak adalah 10.101,14 g CO₂/detik, Nilai LT (tutupan lahan) diperoleh berdasarkan Tabel 4.2. Berdasarkan Persamaan 3.4 dengan asumsi kerapatan tajuk adalah 100%, maka dapat dihitung laju serapan CO₂ oleh Lapangan seperti contoh perhitungan berikut ini,

Contoh Perhitungan Kec. Sidoarjo:

$$\begin{aligned}\text{Daya Serap RTH Taman} &= LT \times \% \text{ Kerapatan} \times S \\ &= 105.400 \text{ Ha} \times 100\% \times 0,381 \text{ g CO}_2/\text{Ha/detik} \\ &= 40.111,00 \text{ g CO}_2/\text{detik}\end{aligned}$$

RTH Tambak

Dalam menentukan daya serap emisi CO₂ oleh RTH tambak digunakan asumsi kerapatan adalah 50%. Asumsi tersebut diperoleh dari pengamatan bahwa semak belukar hanya terdapat pada sebagian wilayah tambak, yakni pada pematang (Gambar 4.3). Di Kabupaten Sidoarjo hanya tiga kecamatan yang terdata memiliki area tambak yakni Kecamatan Sedati, Sidoarjo dan Jabon.



Gambar 4.3 Kondisi Eksisting Vegetasi RTH Tambak

Seperti telah dijabarkan sebelumnya, bahwa diasumsikan tutupan vegetasi di tambak adalah semak belukar maka berdasarkan Persamaan 3.4 dengan asumsi

kerapatan vegetasi semak belukar adalah 50%. Maka dapat dihitung Daya serapan CO₂ oleh tambak seperti contoh perhitungan berikut ini. Nilai LT (tutupan lahan) diperoleh berdasarkan Tabel 4.2.

Contoh Perhitungan Kec. Sedati:

$$\begin{aligned}\text{Daya Serap RTH Tambak} &= LT \times \% \text{ Kerapatan} \times S \\ &= 3610,34 \text{ Ha} \times 100\% \times 1,74 \text{ g CO}_2/\text{Ha}/\text{detik} \\ &= 6.282,00 \text{ g CO}_2/\text{detik}\end{aligned}$$

Perhitungan selengkapnya dibantu dengan program MS, Excel, Hasil perhitungan disajikan dalam Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Daya Serap Emisi CO₂ Oleh RTH Tambak di Wilayah Kabupaten Sidoarjo

Kecamatan	Luas (Ha)	Kerapatan	Luas efektif (Ha)	Daya Serap (g CO ₂ /Ha/detik)	Total Daya Serap (g CO ₂ /detik)
Sedati	7220,69	50%	3610,34	1,74	6.282,00
Sidoarjo	3655,95	50%	1827,98	1,74	3.180,68
Jabon	733,87	50%	366,94	1,74	638,47
Total					10.101,14

Sumber: Hasil Perhitungan

5. Penentuan Daya Serap CO₂ oleh RTH Pemakaman

Daya serap CO₂ oleh pohon pelindung di RTH Pemakaman dihitung sesuai dengan data yang diperoleh dari Dinas Kebersihan dan Pertamanan serta Dinas Perencanaan Umum Cipta Karya Kabupaten Sidoarjo. Perhitungan dilakukan dengan pendekatan luas area. Berdasarkan Persamaan 3.4 dengan asumsi kerapatan tajuk adalah 80%, maka dapat dihitung laju serapan CO₂ oleh RTH pemakaman seperti contoh perhitungan berikut ini,

Contoh Perhitungan Kec. Sidoarjo:

$$\begin{aligned}\text{Daya Serap RTH Taman} &= LT \times \% \text{ Kerapatan} \times S \\ &= 5,62 \times 10^8 \text{ cm}^2 \times 100\% \times 2,783 \times 10^{-8} \text{ g/cm}^2/\text{detik} \\ &= 15,64 \text{ g CO}_2/\text{detik}\end{aligned}$$

Perhitungan selengkapnya dibantu dengan program MS. Excel, Hasil perhitungan disajikan dalam Tabel 4.10 berikut.

Tabel 4.10 Daya Serap Emisi CO₂ Oleh RTH Pemakaman di Tiap Kecamatan di Kabupaten Sidoarjo

Kecamatan	Luas Lahan Pemakaman (Ha)	Kerapatan	Luas Tutupan Efektif (Ha)	Daya Serap (g CO ₂ /cm ² /detik)	Total Daya Serap (g CO ₂ /detik)
Sidoarjo	516.592	80%	413.273	2,783 x 10 ⁻⁸	1.150.309
Buduran	51.000	80%	40.800	2,783 x 10 ⁻⁸	113.563
Candi	37.400	80%	29.920	2,783 x 10 ⁻⁸	83.280
Porong	-	-	-	-	-
Krembung	-	-	-	-	-
Tulangan	-	-	-	-	-
Tanggulangin	15.600	80%	12.480	2,783 x 10 ⁻⁸	34.737
Jabon	-	80%	-	-	-
Krian	68.200	80%	54.560	2,783 x 10 ⁻⁸	151.863
Balongsendo	-	-	-	-	-
Wonoayu	-	-	-	-	-
Tarik	-	-	-	-	-
Prambon	-	-	-	-	-
Taman	23.108	80%	18.487	2,783 x 10 ⁻⁸	51.456
Waru	107.382	80%	85.905	2,783 x 10 ⁻⁸	239.110
Gedangan	25.240	80%	20.192	2,783 x 10 ⁻⁸	56.203
Sedati	-	-	-	-	-
Sukodono	327.759	80%	262.207	2,783 x 10 ⁻⁸	729.831
Total					2.610.350

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari hasil perhitungan diperoleh bahwa total daya serap emisi CO₂ oleh RTH pemakaman di Kabupaten Sidoarjo adalah 2.610.350 g CO₂/detik. Terdapat sembilan kecamatan yang tidak tercatat memiliki pemakaman, sehingga nilainya dapat diabaikan dalam perhitungan. Sembilan kecamatan tersebut adalah Kecamatan Porong, Krembung, Sedati, Traik, Prambon, Balongsendo, Wonoayu dan Tulangan. Kecamatan dengan daya serap RTH Pemakaman yang terbesar adalah Kecamatan Sidoarjo, 1.150.309 g CO₂/detik.

6. Penentuan Daya Serap Mangrove

Di Kabupaten Sidoarjo hanya terdapat empat kecamatan yang memiliki area mangrove yakni Kecamatan Sedati, Buduran, Sidoarjo, dan Jabon. Oleh karena itu,

penentuan daya serap RTH mangrove dilakukan pada empat kecamatan yang memiliki tutupan lahan mangrove saja. Perhitungan penentuan daya serap CO₂ oleh RTH mangrove menggunakan faktor daya serap RTH rata-rata $2,783 \times 10^{-8}$ g CO₂/cm²/detik, dengan asumsi kerapatan vegetasi 90% maka diperoleh total kemampuan serapan CO₂ oleh RTH mangrove adalah 2.619,63 g CO₂/detik.

Berdasarkan Persamaan 3.4 dengan asumsi kerapatan tajuk adalah 90%, maka dapat dihitung laju serapan CO₂ oleh RTH mangrove seperti contoh perhitungan berikut ini.

Contoh Perhitungan Kec, Sedati:

$$\begin{aligned} \text{Daya Serap RTH Taman} &= LT \times \% \text{ Kerapatan} \times S \\ &= 57,24 \times 10^{-9} \text{ cm}^2 \times 90\% \times 2,783 \times 10^{-8} \text{ g/cm}^2/\text{detik} \\ &= 1.593,07 \text{ g/detik} \end{aligned}$$

Perhitungan selengkapnya dibantu dengan program MS. Excel. Hasil perhitungan disajikan dalam Tabel 4.11 berikut.

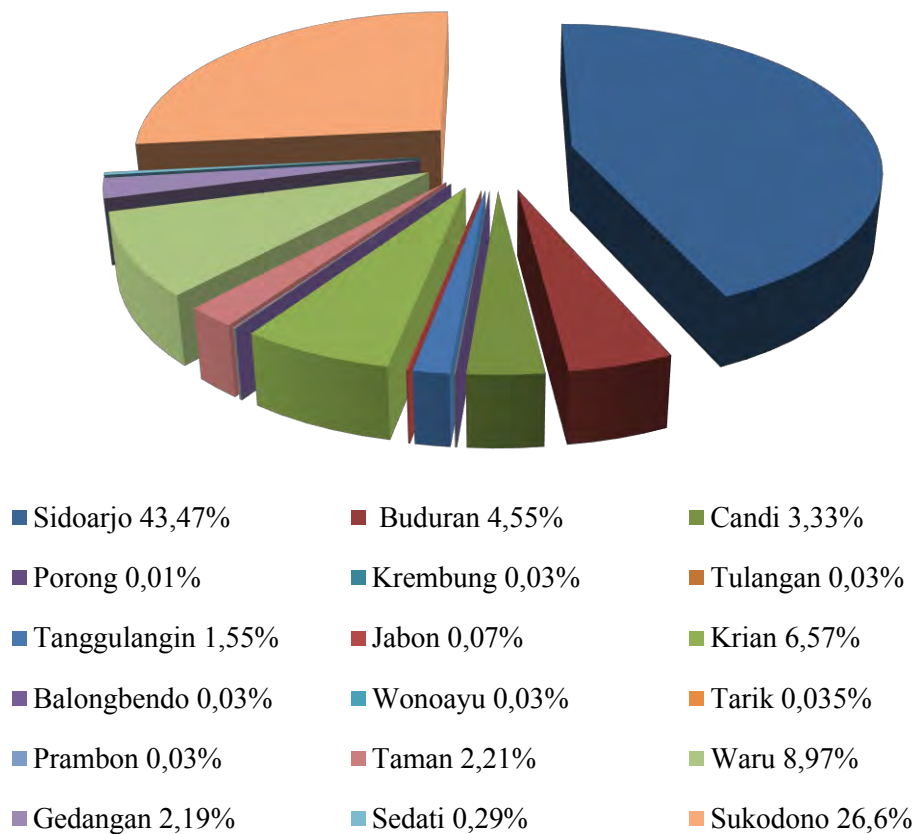
Tabel 4.11 Daya Serap Emisi CO₂ Oleh RTH Mangrove di Kabupaten Sidoarjo

Kecamatan	Luas (Ha)	Kerapatan	Luas Efektif (Ha)	Luas efektif (cm ²)	Kemampuan serapan (g CO ₂ /cm ² /detik)	Total Kemampuan serapan (g CO ₂ /detik)
Sedati	635,94	90%	572,35	$57,24 \times 10^{-9}$	$2,783 \times 10^{-8}$	1.593,07
Buduran	30,84	90%	27,76	$2,776 \times 10^{-9}$	$2,783 \times 10^{-8}$	77,26
Kec. Sidoarjo	64,74	90%	58,27	$5,827 \times 10^{-9}$	$2,783 \times 10^{-8}$	162,18
Kec. Jabon	314,21	90%	282,79	$28,29 \times 10^{-9}$	$2,783 \times 10^{-8}$	787,12
Jumlah						2.619,63

Sumber: Hasil Perhitungan

Setelah melakukan inventarisasi dan penentuan estimasi kemampuan serapan emisi CO₂ oleh RTH Publik maka dapat diketahui total kemampuan serapan emisi CO₂ oleh RTH Publik adalah sebesar 2.746.669,7 g CO₂/detik. Gambar 4.4 merupakan rangkuman dari hasil perhitungan kemampuan serapan emisi CO₂ oleh

RTH publik di atas. Inventarisasi kemampuan serapan RTH publik dapat dilihat pada Lampiran 3.



Gambar 4.4 Persentase Daya Serap CO₂ Oleh RTH Publik Perkecamatan Di Kabupaten Sidoarjo

Gambar 4.4 menunjukkan grafik persentase kemampuan serapan CO₂ oleh RTH Publik di masing-masing kecamatan di Kabupaten Sidoarjo. Dari grafik tersebut diketahui bahwa kemampuan serapan tertinggi sebesar 43,47%, yakni senilai dengan 101.811 g CO₂/detik adalah di Kecamatan Sidoarjo. Hal ini dikarenakan Kecamatan Sidoarjo merupakan pusat pemerintahan di Kabupaten Sidoarjo. Sehingga unsur penataan kota sangat diperhatikan. Oleh karena itu, penataan terhadap RTH Publik pun semakin baik. Bukan hanya dari segi luasan area namun juga dari sisi estetika. Hal tersebut menjadikan Kecamatan Sidoarjo memiliki seluruh kategori jenis RTH Publik. Sehingga luas total RTH Publik yang dimiliki oleh Kecamatan Sidoarjo juga akan semakin besar pula. Terbesar kedua adalah 11%, 88.305 g/detik di Kecamatan Sukodono.

4.1.1.2 Ruang Terbuka Hijau Privat

Pengumpulan data tentang jumlah dan RTH privat dilakukan berdasarkan data tercatat pada data Dinas Pekerjaan Umum Cipta Karya. Dikarenakan Kabupaten Sidoarjo tidak memiliki data yang lengkap mengenai jumlah rumah berdasarkan kategori jenis rumah mewah, sedang dan sederhana, maka inventarisasi dilakukan berdasarkan status wilayah desa dan kota. Dengan mengetahui jumlah kepala keluarga di masing-masing status wilayah maka dapat diketahui rata-rata tutupan lahan pekarangan yang dimiliki. Untuk mendapatkan rata-rata tersebut diperlukan data dari survei lapangan.

Sumber data inventarisasi RTH Privat adalah hasil survey. Sebelum melakukan perhitungan luas rata-rata tutupan vegetasi untuk RTH Privat diperlukan tahap penentuan jumlah sampel.

1. Penentuan Sampel Ruang Terbuka Hijau Privat

Perhitungan statistik untuk menentukan jumlah sampel RTH privat yang disurvei dilakukan guna mempermudah dalam melakukan penentuan luasan RTH Privat dan menentukan daya serap CO₂ oleh seluruh RTH privat eksisting yang ada di Kabupaten Sidoarjo, sehingga tidak perlu melakukan sensus terhadap seluruh RTH Privat di Kabupaten Sidoarjo. Penentuan jumlah dan sebaran sampel dilakukan dengan metode *stratified random sampling* yang didasarkan pada klasifikasi rumah. Di Kabupaten Sidoarjo belum terdapat data pengklasifikasian rumah berdasarkan luasannya, sehingga proses penentuan jumlah sampel berdasarkan pada status wilayah desa dan kota. Pembagian jumlah kepala keluarga berdasarkan status wilayah desa dan kota di Kabupaten Sidoarjo dapat dilihat pada Tabel 2.3 pada Bab 2.

Menghitung sampel yang akan diambil menggunakan rumus yang dapat dilihat pada Persamaan 3.2 di Bab 3. Diasumsikan setiap kepala keluarga menempati satu rumah, sehingga jumlah bangunan rumah yang ada sebanyak 515.457 rumah. Sesuai Persamaan 3.2 dengan derajat kesalahan atau batas error yang digunakan sebesar 10 %, nilai standar error sebesar 95% serta penduga proporsi sebesar 0,5 untuk menentukan jumlah titik sampling total (jumlah rumah) dapat dilihat pada perhitungan berikut ini.

$$n = \frac{(1,6)^2 \times 515457 \times 0,5 \times (1 - 0,5)}{(515457 - 1) \times 0,1^2 + 1,64^2 \times 0,5 \times (1 - 0,5)}$$

$$= 67,23 \approx 67 \text{ RTH rumah sampel}$$

Penentuan jumlah sampel ini menggunakan batas error 10%, yang artinya jumlah sampel ini dapat diyakini 90% dapat menggambarkan kondisi yang sesungguhnya. Pengambilan sampel juga digolongkan berdasarkan status wilayah desa dan kota, untuk menentukan jumlah sampel dalam satu kecamatan digunakan perhitungan sesuai dengan Persamaan 3.1 di Bab 3. Untuk penentuan jumlah sampel status wilayah pedesaan dapat dilihat pada perhitungan berikut.

Contoh perhitungan jumlah sampel wilayah pedesaan:

$$n_i = 67 \left(\frac{43091}{515457} \right)$$

$$= 5,62 \approx 6 \text{ sampel}$$

Hasil perhitungan penentuan jumlah sampel yang harus diambil untuk dapat menentukan luas dan daya serap RTH Privat dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Jumlah Sampel

Status Wilayah	Jumlah Rumah Tangga	Jumlah Sampel Total	Jumlah Sampel
Pedesaan	43.091	68	6
Perkotaan	472.366		62
Jumlah	515.457	68	68

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 4.12, diketahui bahwa dengan pembulatan dibutuhkan total 68 sampel untuk satu Kabupaten Sidoarjo yang dibagi menjadi dua wilayah perkotaan dan pedesaan. Dibutuhkan 6 sampel untuk wilayah pedesaan dan 62 perkotaan. Setelah ditentukan RTH yang terpilih sebagai sampel kemudian disurvey jenis, jumlah, dan diameter tajuk pohon pelindung yang ada pada RTH.

2. Penentuan Luas Tutupan Vegetasi RTH Privat

Luas Ruang Terbuka Hijau (RTH) privat permukiman yang dihitung adalah luas tutupan vegetasi berupa pohon dan perdu yang terdapat di permukiman penduduk wilayah studi. Luas tutupan vegetasi merupakan luas total dari luasan tajuk pohon, perdu dan rumput. Data yang digunakan untuk menghitung luasan tajuk pohon dan perdu merupakan data primer melalui survei di lapangan. Dalam memperoleh luas tutupan vegetasi di Kabupaten Sidoarjo terdiri dari beberapa tahap perhitungan berikut ini:

1. Luas Tutupan Vegetasi Tiap Responden

a. Menghitung Luasan Tajuk Pohon dan Perdu

Contoh perhitungan:

Data yang digunakan adalah data Responden No.1 Kecamatan Tanggulangin, data dapat dilihat pada Tabel 4.13,

Tabel 4.13 Data Responden No. 1

No. Responden	Jenis Pohon	Diameter Pohon (m)		Kerapatan
		r ₁	r ₂	
1	P. Palem	1,25	1,23	80%
	P. Pisang	1,80	0,80	80%
	P. Mangga	2,27	2,25	90%

Sumber: Hasil Pengamatan, 2014

Untuk menghitung luasan tajuk (LT) pohon tersebut digunakan Formula Mangold (1997) dalam Hidayah (2011) dikalikan juga dengan kerapatan dari tajuk pohon yang terdapat dalam Persamaan 3.3,

Contoh Perhitungan P. Palem:

$$\begin{aligned} LT &= \pi \left(\frac{r_1 + r_2}{2} \right)^2 \times \text{Kerapatan Tajuk} \\ &= 3,14 \times \left(\frac{1,25 + 1,23}{2} \right)^2 \times 80\% \\ &= 0,97 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Untuk menghitung luas tajuk pohon yang lain dan perdu dilakukan dengan cara yang sama.

b. Menghitung Luas Total Tutupan Vegetasi Responden

- LT Pohon (total) = 5,64 m²
- LT Perdu = 2,22 m²
- L Tutupan Vegetasi = LT Pohon + LT Perdu
= 5,64 m² + 2,22 m²
= 7,86 m²

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut diperoleh luas tutupan vegetasi untuk responden no 1 adalah 7,86 m². Untuk luas tutupan vegetasi responden lainnya dilakukan seperti contoh perhitungan di atas.

2. *Luas Total Tutupan Vegetasi (LT) Tiap Status Wilayah*

Setelah menghitung luas tutupan vegetasi tiap responden dapat dihitung luas tutupan vegetasi seluruh responden berdasarkan status wilayah. Luas tutupan vegetasi untuk tiap status wilayah adalah jumlah total dari luas tutupan vegetasi seluruh responden yang diklasifikasi berdasarkan 2 status wilayah pedesaan dan perkotaan.

Contoh Perhitungan Rata-Rata LT Rumah di wilayah Pedesaan:

- LT Total Pedesaan = 43,09 m²
- Jumlah Responden = 6 rumah
- LT rata-rata = LT Total : Jumlah Responden
= 7,20 m²

Tabel 4.14 menunjukkan hasil perhitungan luas tutupan vegetasi berdasarkan Status Wilayah Pedesaan dan Perkotaan di Kabupaten Sidoarjo.

Tabel 4.14 Rata-Rata Luas Tutupan (LT) Vegetasi Berdasarkan Status Wilayah Pedesaan dan Perkotaan Kabupaten Sidoarjo

Status Wilayah	Rata-Rata Luas Tutupan Lahan (LT) Tiap Rumah (m ²)
Perkotaan	5,57
Pedesaan	7,20

Sumber: Hasil Perhitungan

Rata-rata tutupan lahan tiap status wilayah kemudian dikalikan dengan jumlah kepala keluarga masing-masing status wilayah. Maka akan diperoleh estimasi luas total RTH Privat masing-masing kecamatan di Kabupaten Sidoarjo.

Contoh Perhitungan Kec. Sidoarjo:

1. Wilayah Perkotaan

$$\begin{aligned}\text{Tutupan Lahan Perkotaan} &= \text{LT rata - rata} \times \text{Jumlah Rumah Perkotaan} \\ &= 5,57 \text{ m}^2 \times 50.528 \text{ rumah} \\ &= 49.829,15 \text{ m}^2\end{aligned}$$

2. Wilayah Pedesaan

$$\begin{aligned}\text{Tutupan Lahan Pedesaan} &= \text{LT rata - rata} \times \text{Jumlah Rumah Pedesaan} \\ &= 7,20 \text{ m}^2 \times 0 \text{ rumah} \\ &= 0 \text{ m}^2\end{aligned}$$

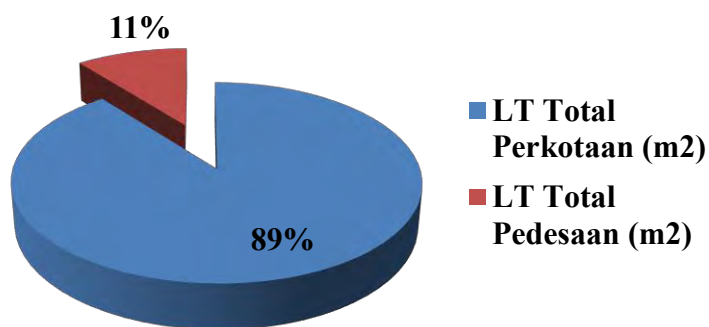
Hasil perhitungan untuk mengetahui luas total RTH privat di Kabupaten Sidoarjo selengkapnya disajikan dalam Tabel 4.15.

Tabel 4.15 Luas Total RTH Privat

No.	Kecamatan	LT Total Perkotaan (m ²)	LT Total Pedesaan (m ²)	Total LT RTH Privat (m ²)	Total LT RTH Privat (Ha)
1	Tarik	49.829,15	52.623,14	102.452,29	10,25
2	Prambon	77.540,45	30.588,50	108.128,96	10,81
3	Krembung	67.372,04	18.967,89	86.339,92	8,63
4	Porong	69.230,96	25.194,76	94.425,71	9,44
5	Jabon	43.523,28	33.798,89	77.322,18	7,73
6	Tanggulangin	105.062,53	12.504,01	117.566,54	11,76
7	Candi	199.650,53	12.267,00	211.917,53	21,19
8	Tulangan	120.724,23	6.291,51	127.015,74	12,70
9	Wonoayu	87.502,94	17.272,92	104.775,86	10,48
10	Sukodono	149.960,52	12.647,65	162.608,17	16,26
11	Sidoarjo	281.220,50	-	281.220,50	28,12
12	Buduran	122.777,95	24.979,29	147.757,24	14,78
13	Sedati	127.453,09	14.055,34	141.508,43	14,15
14	Waru	361.382,37	4.215,88	365.598,26	36,56
15	Gedangan	218.384,46	-	218.384,46	21,84
16	Taman	317.079,90	-	317.079,90	31,71
17	Krian	153.772,98	20.332,48	174.105,47	17,41
18	Balong Bendo	76.744,57	23.743,97	100.488,54	10,05
Jumlah				2.938.695,71	293,87

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan Gambar 4.5 diketahui bahwa wilayah perkotaan memiliki persentase terbesar. Meskipun rata-rata tutupan lahan perkotaan (Tabel 4.5) lebih kecil apabila di bandingkan dengan wilayah pedesaan, namun wilayah perkotaan tetap memiliki persentase tutupan vegetasi total terbesar. Hal tersebut dikarenakan jumlah rumah di wilayah perkotaan lebih banyak bila dibandingkan wilayah pedesaan (Tabel 4.15).



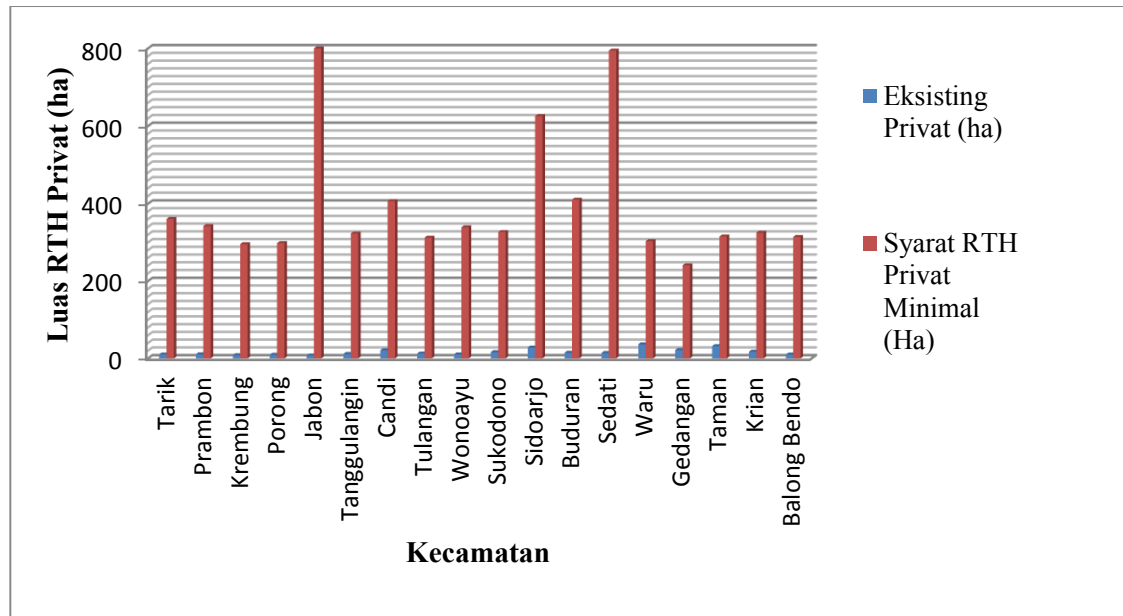
Gambar 4.5 Persentase Rata-Rata Luas Tutupan Vegetasi Per Satatus Wilayah

Menurut hasil survei di lapangan, wilayah perkotaan sesuai dengan fungsi pengembangannya, merupakan wilayah yang sedang mengalami pembangunan pesat. Khususnya pembangunan sektor permukiman dan fasilitas umum penunjangnya. Sedangkan wilayah pedesaan merupakan wilayah dengan jumlah rumah sedikit dengan luas taman yang cukup signifikan. Hal tersebut cukup membuktikan kepedulian masyarakat desa untuk memanfaatkan lahan terbukanya sebagai tempat tumbuh vegetasi, bukan dengan memaksimalkan lahan terbuka mereka menjadi lahan terbangun yang secara ekonomi lebih menguntungkan.

Apabila di tilik dari pemenuhan terhadap Peraturan Menteri Pekerjaan Umum tahun 2008 tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan RTH di Wilayah Perkotaan, maka luasan RTH Privat di Kabupaten Sidoarjo belum memenuhi batas minimal 10% dari luas total wilayah. Gambar 4.6 memberikan ilustrasi perbandingan antara luas RTH Privat eksisting dengan batas luas minimal yang seharusnya dipenuhi.

Dari Gambar 4.5 dapat dilihat bahwa seluruh kecamatan di Kabupaten Sidoarjo belum memenuhi batas minimum luas RTH Privat yang harus dipenuhi. Berdasarkan hasil survey, hal ini terjadi dikarenakan kebanyakan bangunan rumah,

khususnya di perkotaan tidak didesain lengkap dengan ruang terbuka yang memadai. Selain itu keterbatasan lahan terbuka yang justru dimanfaatkan oleh pihak developer secara maksimal sebagai lahan terbangun tanpa menyisakan lahan terbuka menjadikan pola penataan perumahan saat ini miskin ruang terbuka hijau. Tidak ada lagi jarak antara bangunan rumah satu dengan yang lain.



Gambar 4.6 Luas RTH Privat Eksisting dan Syarat Luas Minimal Sesuai Peraturan

Kepedulian masyarakat di perkotaan akan adanya ruang terbuka hijau juga sangat kurang. Hal ini dibuktikan dengan efisiensi penggunaan tanah terbuka menjadi bangunan di masing-masing rumah. Seperti perluasan ruang tamu, atau pembangunan garasi tertutup untuk kendaraan. Tidak ada lagi sisa untuk halaman terbuka. Beberapa faktor tersebut menjadikan luasan RTH Privat masih jauh dari persyaratan minimalnya. Belum terpenuhinya luasan RTH Privat ini membutuhkan perhatian dan kepedulian masyarakat agar dapat mencapai luasan minimumnya. Karena sumber emisi CO₂ dari sektor pemukiman, yakni dari aktifitas penggunaan Bahan Bakar Minyak (BBM) dan Bahan Bakar Gas (BBG) dalam kehidupan sehari-hari merupakan kontributor pemanasan global akibat emisi CO₂ yang terlepas tanpa ada barrier dan penangkap berupa vegetasi hijau.

3. Perhitungan Daya Serap CO₂

Daya serapan CO₂ dapat dihitung dengan mengetahui luas tutupan vegetasi yang telah dihitung sebelumnya (Tabel 4.6).

Contoh perhitungan:

Menghitung laju serapan tutupan vegetasi status wilayah perkotaan, di Kabupaten Sidoarjo

- Laju serapan CO₂ = 0,000000027834 g/cm²/detik
- Luas tutupan vegetasi rata-rata = 5,57 m² = 55.700 cm²
- Kemampuan serapan CO₂
 - = Laju serapan CO₂ x Luas tutupan vegetasi rata-rata
 - = 0,000000027834 g/ cm²/detik x 55.700 cm²
 - = 0,00155 g/detik,

Besarnya kemampuan tersebut bergantung pada besar luasan tutupan vegetasi eksisting. Hasil perhitungan kemampuan serapan CO₂ tiap status wilayah dapat dilihat dalam Tabel 4.16.

Tabel 4.16 Kemampuan Serapan Rata-Rata CO₂

Status Wilayah	Kemampuan Serapan CO ₂ (g/detik)
Perkotaan	0,00155
Pedesaan	0,00199

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan Tabel 4.16 diketahui kemampuan serapan wilayah pedesaan lebih besar dibandingkan dengan wilayah perkotaan. Setelah diketahui kemampuan serapan masing-masing status wilayah perkotaan dan pedesaan di Kabupaten Sidoarjo, maka dapat diketahui kemampuan serapan di setiap kecamatan dengan menjadikan kemampuan serapan CO₂ pada Tabel 4.16 sebagai salah satu faktor pengali.

Tabel 4.17 memberikan informasi mengenai kemampuan serapan emisi CO₂ oleh RTH Privat Per-Kecamatan di Kabupaten Sidoarjo. Dalam Tabel 4.17 terdapat informasi mengenai kemampuan serapan di wilayah perkotaan dan wilayah pedesaan. Sehingga diketahui kemampuan serapan total oleh RTH Privat di Kabupaten Sidoarjo.

Hasil perhitungan kemampuan serapan CO₂ RTH Privat tiap kecamatan di Kabupaten Sidoarjo dapat dilihat dalam Tabel 4.17.

Tabel 4.17 Kemampuan Serapan CO₂ Oleh RTH Privat Per Kecamatan Di Kabupaten Sidoarjo

Kecamatan	Kemampuan Serapan Perkotaan (g CO ₂ /detik)	Kemampuan Serapan Pedesaan (g CO ₂ /detik)	Kemampuan Serapan Total (g CO ₂ /detik)
Tarik	13,87	14,58	28,45
Prambon	21,59	8,47	30,07
Krembung	18,76	5,25	24,01
Porong	19,28	6,98	26,26
Jabon	12,12	9,36	21,48
Tanggulangun	29,25	3,46	32,72
Candi	55,60	3,39	59,00
Tulangan	33,62	1,74	35,36
Wonoayu	24,36	4,78	29,15
Sukodono	41,76	3,50	45,26
Sidoarjo	78,31	0	78,31
Buduran	34,19	6,92	41,11
Sedati	35,49	3,89	39,38
Waru	100,64	1,16	101,81
Gedangan	60,81	0	60,81
Taman	88,30	0	88,30
Krian	42,82	5,63	48,45
Balong Bendo	21,37	6,57	27,95
Jumlah			817,97

Sumber: Hasil Perhitungan

Contoh perhitungan:

Menghitung laju serapan tutupan vegetasi Kecamatan Sidoarjo

- Kemampuan serapan CO₂ Perkotaan = 0,00155 g CO₂/detik
- Kemampuan Serapan CO₂ Pedesaan = 0,00199 g CO₂/detik
- Jumlah Rumah Pedesaan = 7.327 rumah
- Jumlah Rumah Perkotaan = 8.953 rumah
- Kemampuan Serapan Pedesaan
 - = Kemampuan serapan pedesaan x jumlah rumah pedesaan
 - = 0,00199 g CO₂/detik x 7.327 rumah
 - = 14,58 g CO₂/detik,

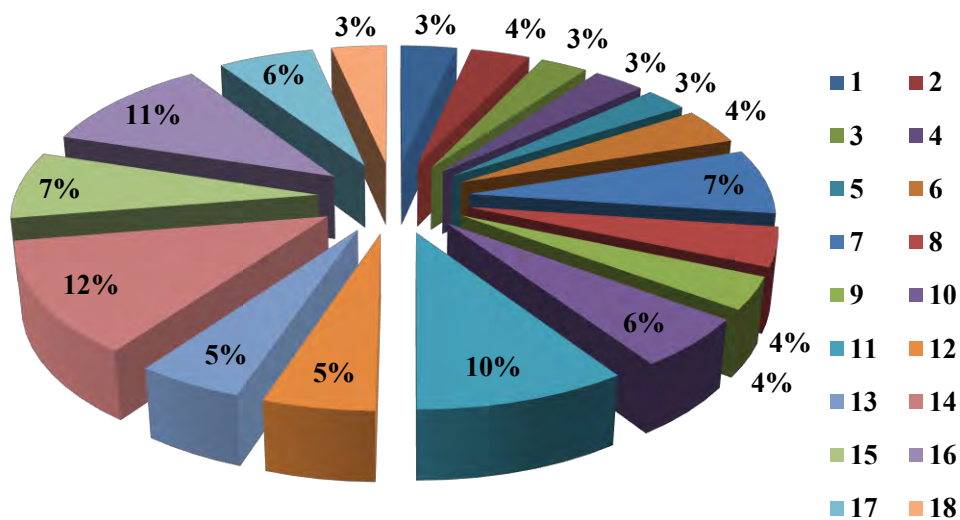
- Kemampuan Serapan Pedesaan

= Kemampuan serapan pedesaan x jumlah rumah pedesaan

= 0,00155 g CO₂/detik x 8.953 rumah

= 13,87 g CO₂/detik

Berdasarkan hasil perhitungan yang dirangkum dalam Tabel 4.17, dikeathui bahwa kemampuan serapan total RTH Privat adalah 817,973 g/detik. Gambar 4.7 memberikan informasi persentase serapan masing-masing kecamatan di Kabupaten Sidoarjo.



Gambar 4.7 Kemampuan Serapan CO₂ Oleh RTH Privat Per Kecamatan di Kabupaten Sidoarjo

Keterangan Gambar 4.7:

1 = Kec. Tarik	7 = Kec. Candi	13 = Kec. Sedati
2 = Kec. Prambon	8 = Kec. Tulangan	14 = Kec. Waru
3 = Kec. Krembung	9 = Kec. Wonoayu	15 = Kec. Gedangan
4 = Kec. Porong	10 = Kec. Sukodono	16 = Kec. Taman
5 = Kec. Jabon	11 = Kec. Sidoarjo	17 = Kec. Krian
6 = Kec. Tanggulangin	12 = Kec. Buduran	18 = Kec. Balongbendo

Gambar 4.7 menunjukkan grafik persentase kemampuan serapan CO₂ oleh RTH Privat di masing-masing kecamatan Kabupaten Sidoarjo. Dari grafik tersebut

diketahui bahwa kemampuan serapan tertinggi sebesar 12%, 101,811 g/detik adalah di Kecamatan Waru, dan terbesar kedua adalah 11%, 88,305 g/detik di Kecamatan Taman.

Tingginya luasan area RTH Privat di kedua kecamatan ini sangat berkaitan dengan tingginya jumlah rumah yang ada di kedua kecamatan tersebut, mencapai 13% dan 12% dari total keseluruhan jumlah rumah di Kabupaten Sidoarjo. Selain itu Kecamatan Taman dan Waru berada di SSWP I, di mana SSWP I merupakan wilayah pengembangankawasan perumahan dan permukiman, industri dan perdagangan skala lokal, regional dan internasional.

4.1.1.3 Luas dan Potensi Daya Serap Ruang Terbuka Hijau Total Kabupaten Sidoarjo

Setelah dilakukan inventarisasi dan penentuan estimasi serapan emisi CO₂ oleh RTH baik privat maupun publik di Kabupaten Sidoarjo maka dapat diperoleh nilai total untuk seluruh Kabupaten Sidoarjo. Untuk mendapatkan hasil luas total RTH di Kabupaten Siodarjo maka dilakukan penjumlahan dari luas total RTH privat (Tabel 4.15) dan publik (Tabel 4.2). Demikian halnya dengan serapan total Kabupaten sidoarjo, diperoleh dari hasil penjumlahan total kemampuan serapan dari RTH publik dan RTH Privat (Tabel 4.17).

Tabel 4.18 Luas dan Daya Serap RTH di Kabupaten Sidoarjo

RTH	Luas (Ha)	Daya serap emisi CO₂ (g CO₂/detik)
Publik	1.508.007,00	2.746.670,00
Privat	293,87	817,97
Total	1.508.300,87	2.747.487,97

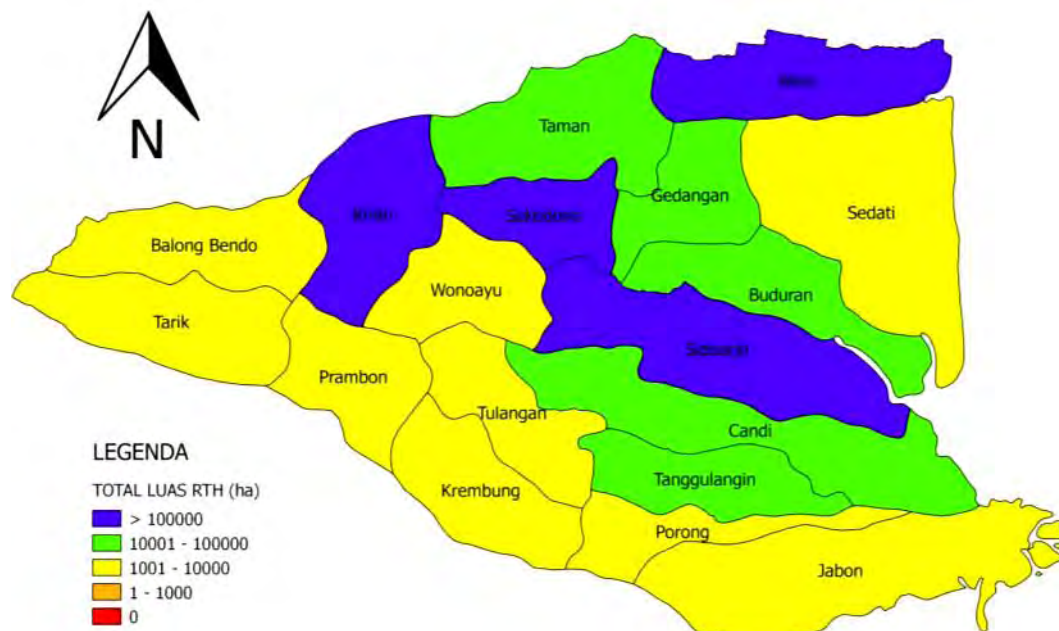
Sumber: Hasil Perhitungan

Ruang terbuka hijau publik dengan luas area 1.508.007 Ha mampu menyerap sebesar 2.746.670 gram emisi CO₂ setiap detiknya. Sehingga dapat disimpulkan bahwa untuk setiap hektar area RTH Publik di Kabupaten Sidoarjo mampu menyerap emisi CO₂ sebesar 1,82 g/detik. Jadi laju serapannya adalah 1,82 g

CO₂/Ha/detik, dengan asumsi seluruh jenis RTH publik memiliki tutupan vegetasi yang sama.

Sementara RTH Privat di Kabupaten Sidoarjo dengan luas 293,87 mampu menyerap sebesar 817,97 gram emisi CO₂ setiap detiknya. Sehingga dapat disimpulkan bahwa untuk setiap hektar area RTH Privat di Kabupaten Sidoarjo mampu menyerap emisi CO₂ sebesar 2,78 g/detik. Jadi laju serapannya adalah 2,78 g CO₂/Ha/detik, dengan asumsi seluruh jenis RTH privat memiliki tutupan vegetasi yang sama.

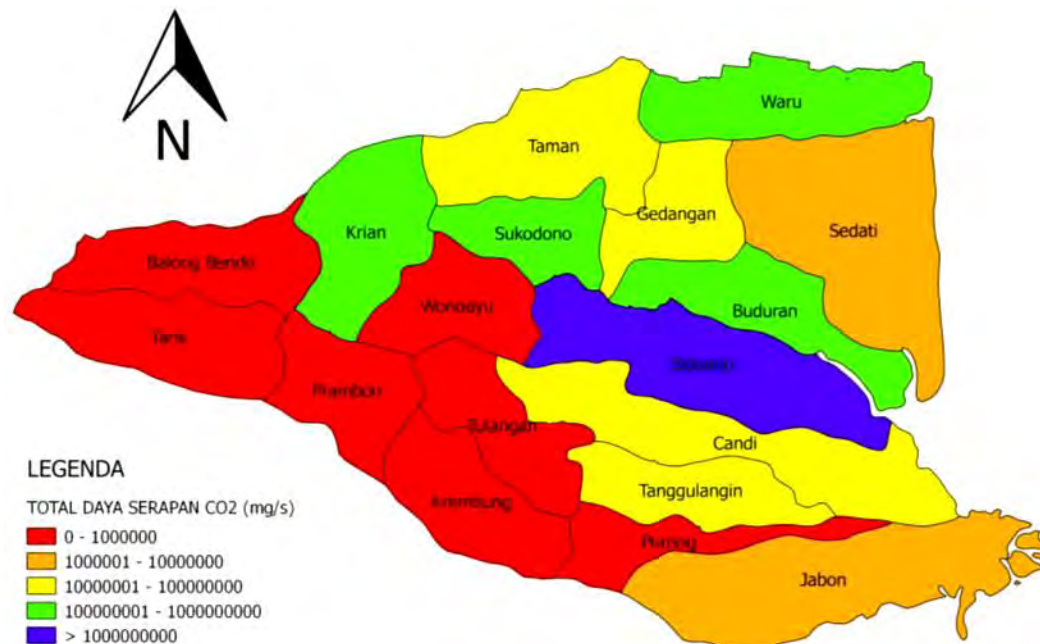
Gambar 4.8 merupakan hasil pemetaan dari persebaran luas RTH di tiap kecamatan di Kabupaten Sidoarjo.



Gambar 4.8 Peta Total Luas Ruang Terbuka Hijau Perkecamatan Di Kabupaten Sidoarjo

Dapat dilihat bahwa Kecamatan Krian, Sukodono, Sidoarjo dan Waru dengan warna biru termasuk dalam kategori memiliki RTH sangat tinggi. Berdasarkan hasil perhitungan, kecamatan dengan luas RTH tertinggi adalah Kecamatan Sidoarjo, dengan RTH total sebesar 626.073,87 Ha. Untuk mendapatkan nilai daya serap emisi CO₂ oleh RTH, digunakan pendekatan luas. sehingga diperoleh kemampuan serapan total dari RTH Publik dan RTH Privat. Persebaran kemampuan serapan

emisi CO₂ oleh kedua jenis RTH di Kabupaten Sidoarjo dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.9 Kemampuan Serapan Emisi CO₂ Oleh Ruang Terbuka Hijau Perkecamatan Di Kabupaten Sidoarjo

4.1.2 Sumber dan Beban Emisi CO₂

Pada penelitian ini, emisi CO₂ yang dihitung adalah emisi CO₂ primer yang dihasilkan dari kegiatan permukiman, industri, dan transportasi di tiap kecamatan yang berada pada wilayah Kabupaten Sidoarjo. Emisi CO₂ dari kegiatan transportasi, permukiman dan industri yang dihitung hanya emisi CO₂ primer saja, sedangkan emisi CO₂ sekundernya tidak diperhitungkan karena sumber emisinya berasal dari PLTU yang lokasinya tidak berada di wilayah penelitian, sehingga tidak efektif bila dilakukan analisis penyerapan emisi CO₂ oleh RTH yang ditanam di wilayah penelitian.

4.1.2.1 Emisi CO₂ dari Kegiatan Permukiman

Data mengenai jumlah rumah tangga yang menggunakan bahan bakar LPG (*Liquid Petroleum Gas*), minyak tanah, dan kayu bakar didapatkan dari data Susenas (2010) yang telah diperbaharui pada tahun 2012. Sedangkan data mengenai jumlah penggunaan bahan bakar didapatkan dari hasil sampling yang dilakukan di

beberapa Kecamatan di Sidoarjo. Berdasarkan wilayah hasil survey dan inventarisasi bahan bakar yang dipergunakan di Kabupaten Sidoarjo dilakukan analisis penggunaan bahan bakar berdasarkan status wilayah dan jenis bahan bakar yang dipergunakan.

Data lain yang digunakan adalah faktor emisi (g CO₂/MJ) dan NCV (*Net Calorific Volume*) masing-masing bahan bakar (MJ/Kg) yang bersumber dari IPCC 2006 yang dapat dilihat pada Tabel 4.19

Tabel 4.19 Nilai NCV dan EF untuk Kegiatan Permukiman

Bahan Bakar	NCV (MJ/Kg)	Faktor Emisi (g CO ₂ /MJ)
LPG	47.3	63.1
Minyak Tanah	43.8	71.9
Kayu Bakar	15	112

Sumber: IPCC, 2006

Data mengenai jumlah penggunaan bahan bakar berdasarkan jenisnya beserta pengelompokkan atas status wilayah tersaji pada Tabel 4.20. Pada tabel tersebut dapat diketahui perbandingan antara penggunaan jumlah bahan bakar wilayah perkotaan dan perdesaan di Kabupaten Sidoarjo. Prosentase penggunaan bahan bakar di wilayah perdesaan dan perkotaan dapat dilihat pada Gambar 4.20.

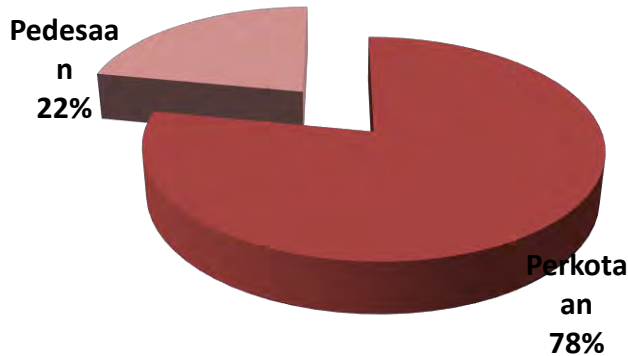
Tabel 4.20 Rata-rata Konsumsi Bahan Bakar Berdasarkan Status Wilayah

Status Wilayah	Jumlah Sampel	Rata-rata Konsumsi Bahan Bakar (Kg/Bulan)		
		LPG	Minyak Tanah	Kayu Bakar
Pedesaan	21	6,7	3,3	31
Perkotaan	62	11,6	0	0
Rata-Rata		9,15	1,7	15,5

Sumber: Hasil Survey, 2014

Berdasarkan hasil survei didapatkan bahwa penggunaan bahan bakar terbesar berasal dari wilayah pedesaan dengan prosentase 78%. Sedangkan wilayah perkotaan dalam prosentase rata-rata penggunaan bahan bakar sebesar 22% (Gambar 4.6). Bahan bakar tersebut merupakan penggunaan bahan bakar untuk memasak. Terjadi perbedaan yang signifikan dikarenakan pola konsumsi bahan bakar di wilayah pedesaan dan perkotaan memiliki perbedaan yang dipengaruhi

oleh beberapa faktor. Faktor-faktor tersebut diantaranya tingkat pendapatan dan pola konsumsi di masing-masing wilayah.



Gambar 4.10 Prosentase Rata-rata Penggunaan Bahan Bakar Tiap Wilayah

Dari hasil survey didapatkan besarnya penggunaan bahan bakar dari wilayah pedesaan dan perkotaan. Jumlah penggunaan bahan bakar tersebut digunakan untuk melakukan perhitungan besarnya emisi CO₂ yang dihasilkan dari penggunaan bahan bakar tersebut.

1. Emisi dari LPG

Emisi CO₂ dari penggunaan bahan bakar LPG aktifitas rumah tangga memasak dihitung dengan menggunakan metode perhitungan IPCC (2006). Faktor emisi yang digunakan adalah pendekatan melalui faktor emisi dan NCV bahan bakar LPG seperti pada Tabel 4.21.

Contoh Perhitungan Kecamatan Tarik:

Konsumsi LPG = 9,15 kg/bulan = 109,8 kg/tahun

EF_{LPG} = 63,1 g/MJ

NCV_{LPG} = 47,3 MJ/kg

Perhitungan emisi CO₂ menggunakan Persamaan 2.4 untuk bahan bakar LPG.

Emisi CO₂ = konsumsi bahan bakar x EFLPG x NCV

$$= 109,8 \text{ kg /tahun} \times 63,1 \text{ g /MJ} \times 47,3 \text{ MJ /kg}$$

$$= 327.712,4 \text{ g CO}_2 \text{ /tahun}$$

$$= 0,3277 \text{ ton CO}_2 \text{ /tahun}$$

Total Emisi = 0,3277 ton CO₂ /tahun x 14.828

$$= 4.859,32 \text{ ton CO}_2 \text{ /tahun}$$

Data selengkapnya mengenai emisi CO₂ yang dihasilkan dari penggunaan bahan bakar LPG untuk tiap Kecamatan dapat dilihat pada Tabel 4.21.

Tabel 4.21 Emisi CO₂ dari Penggunaan LPG di Tiap Kecamatan

No	Nama Kecamatan	Jumlah Rumah	Total Emisi (ton CO ₂ /tahun)
1	Tarik	14.828	4.859,32
2	Prambon	16.955	5.556,36
3	Krembung	13.198	4.325,15
4	Porong	14.630	4.794,43
5	Jabon	11.181	3.664,15
6	Tanggulangun	19.668	6.445,45
7	Candi	35.553	11.651,16
8	Tulangan	21.401	7.013,37
9	Wonoayu	17.057	5.589,79
10	Sukodono	27.072	8.871,83
11	Sidoarjo	47.033	15.413,30
12	Buduran	23.604	7.735,32
13	Sedati	22.723	7.446,61
14	Waru	60.030	19.672,57
15	Gedangan	35.815	11.737,02
16	Taman	53.102	17.402,18
17	Krian	28.122	9.215,93
18	Balong Bendo	15.312	5.017,93
Jumlah		477.284	1566.411,87

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari Tabel 4.2 dapat diketahui bahwa emisi CO₂ terbesar dihasilkan dari penggunaan LPG di Kecamatan Waru yaitu sebesar 19.672,57 ton CO₂ /tahun. Emisi CO₂ dari Kecamatan Waru sebagai penyumbang emisi terbesar turut menyumbangkan 12,6% emisi CO₂ yang dihasilkan dari penggunaan LPG di Kabupaten Sidoarjo. Hal tersebut dikarenakan jumlah pengguna LPG di Kecamatan Waru terbesar dibandingkan dengan Kecamatan lain di Kabupaten Sidoarjo.

2. Emisi CO₂ dari Penggunaan Minyak Tanah

Emisi CO₂ penggunaan bahan bakar minyak tanah dari kegiatan memasak rumah tangga dihitung dengan menggunakan metode perhitungan IPCC Guidelines

2006. Faktor emisi yang digunakan adalah pendekatan melalui faktor emisi dan Net Calorific Volume (NCV) bahan bakar minyak tanah seperti pada Tabel 4.19.

Contoh Perhitungan Kecamatan Tarik:

Konsumsi minyak tanah = 1,7 kg/bulan = 20,4 kg/tahun

EF_{minyak tanah} = 71,9 g/MJ

NCV_{minyak tanah} = 43,8 MJ/kg

Perhitungan emisi CO₂ menggunakan Persamaan 2.4 untuk bahan bakar minyak tanah.

Emisi CO₂ = EF x konsumsi bahan bakar x NCV

= 71,9 g/MJ x 20,4 kg/tahun x 43,8 MJ/kg

= 64244,09 g CO₂/tahun = 0,06424 ton CO₂/tahun

Total Emisi = 0,06424 ton CO₂/tahun x 14.828

= 952,6 ton CO₂/tahun

Data selengkapnya mengenai emisi CO₂ yang dihasilkan dari penggunaan bahan bakar minyak tanah untuk tiap Kecamatan dapat dilihat pada Tabel 4.22.

Tabel 4.22 Emisi CO₂ dari Penggunaan Minyak Tanah di Tiap Kecamatan

No.	Nama Kecamatan	Jumlah Rumah	Total Emisi (ton CO ₂ /tahun)
1	Tarik	14.828	952,61
2	Prambon	16.955	1.089,26
3	Krembung	13.198	847,89
4	Porong	14.630	939,89
5	Jabon	11.181	718,31
6	Tanggulangun	19.668	1.263,55
7	Candi	35.553	2.284,07
8	Tulangan	21.401	1.374,89
9	Wonoayu	17.057	1.095,81
10	Sukodono	27.072	1.739,22
11	Sidoarjo	47.033	3.021,59
12	Buduran	23.604	1.516,42
13	Sedati	22.723	1.459,82
14	Waru	60.030	3.856,57
15	Gedangan	35.815	2.300,90
16	Taman	53.102	3.411,49
17	Krian	28.122	1.806,67
18	Balong Bendo	15.312	983,71
Jumlah		477.284	30.662,68

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari Tabel 4.21 dapat diketahui bahwa emisi CO₂ terbesar dihasilkan dari penggunaan minyak tanah di Kecamatan Waru yaitu sebesar 3.856,57 ton CO₂

/tahun. Emisi CO₂ dari Kecamatan Waru sebagai penyumbang emisi terbesar turut menyumbangkan 15,5% emisi CO₂ yang dihasilkan dari penggunaan minyak tanah di Kabupaten Sidoarjo. Hal tersebut dikarenakan jumlah penduduk di Kecamatan Waru terbesar dibandingkan dengan Kecamatan lain di Kabupaten Sidoarjo.

3. Emisi CO₂ dari Penggunaan Kayu Bakar

Emisi CO₂ penggunaan bahan bakar kayu bakar dari kegiatan memasak rumah tangga dihitung dengan menggunakan metode perhitungan IPCC Guidelines 2006.

Contoh Perhitungan Kecamatan Tarik:

Konsumsi kayu bakar = 15,5 kg/bulan = 186 kg/tahun

EF_{kayu bakar} = 112 g/MJ

NCV_{kayu bakar} = 15 MJ/kg

Perhitungan emisi CO₂ menggunakan Persamaan 2.4 untuk bahan bakar kayu bakar.

Emisi CO₂ = EF x konsumsi bahan bakar x NCV

= 112g /MJ x 186 kg/tahun x 15 MJ/kg

= 312480 g CO₂ /tahun

= 0,3124 ton CO₂ /tahun

Total Emisi = 0,3124 ton CO₂ /tahun x 14.828

= 4.633,45 ton CO₂ /tahun

Data selengkapnya mengenai emisi CO₂ yang dihasilkan dari penggunaan bahan bakar kayu untuk tiap Kecamatan dapat dilihat pada Tabel 4.23. Dari Tabel 4.23 dapat diketahui bahwa emisi CO₂ terbesar dihasilkan dari penggunaan kayu bakar di Kecamatan Tarik yaitu sebesar 2,957.17 ton CO₂ /tahun. Emisi CO₂ dari Kecamatan Tarik sebagai penyumbang emisi terbesar turut menyumbangkan 11,3% emisi CO₂ yang dihasilkan dari penggunaan kayu bakar di Kabupaten Sidoarjo. Hal tersebut dikarenakan jumlah pengguna kayu bakar di Kecamatan Tarik terbesar

dibandingkan dengan Kecamatan lain di Kabupaten Sidoarjo. Sehingga mengakibatkan nilai emisi CO₂ di Kecamatan tersebut tinggi.

Tabel 4.23 Emisi CO₂ dari Penggunaan Kayu Bakar di Tiap Kecamatan

No	Nama Kecamatan	Jumlah Rumah	Total Emisi (ton CO ₂ /tahun)
1	Tarik	14.828	4.633,45
2	Prambon	16.955	5.298,10
3	Krembung	13.198	4.124,11
4	Porong	14.630	4.571,58
5	Jabon	11.181	3.493,84
6	Tanggulangun	19.668	6.145,86
7	Candi	35.553	11.109,60
8	Tulangan	21.401	6.687,38
9	Wonoayu	17.057	5.329,97
10	Sukodono	27.072	8.459,46
11	Sidoarjo	47.033	14.696,87
12	Buduran	23.604	7.375,78
13	Sedati	22.723	7.100,48
14	Waru	60.030	18.758,17
15	Gedangan	35.815	11.191,47
16	Taman	53.102	16.593,31
17	Krian	28.122	8.787,56
18	Balong Bendo	15.312	4.784,69
Jumlah			149.141,7

Sumber: Hasil Perhitungan

4.1.2.2 Emisi CO₂ dari Kegiatan Industri

Kabupaten Sidoarjo merupakan salah satu Kabupaten di Jawa Timur yang memiliki banyak industri dan kawasan industri. Berdasarkan data dari Badan lingkungan hidup Kabupaten Sidoarjo, diketahui bahwa terdapat 10 jenis industri di Kabupaten Sidoarjo. Kesepuluh jenis industri tersebut antara lain.

- Industri Makanan dan minuman : 305 industri
- Industri tekstil, barang kulit dan alas kaki : 96 industri
- Industri Barang dari kayu dan hasil hutan : 25 industri
- Industri Barang dari kertas dan percetakan : 58 industri
- Industri Barang dari karet dan plastik : 155 industri
- Industri semen dan barang galian non logam : 27 industri
- Industri logam dasar dan barang dari logam : 71 industri

- Industri alat angkutan, mesin dan peralatannya :54 industri
- Industri furniture dari kayu, logam dan plastik : 51 industri
- Barang lainnya : 15 industri

Emisi CO₂ penggunaan bahan bakar dari kegiatan industri dihitung dengan menggunakan metode perhitungan IPCC Guidelines 2006.

Contoh perhitungan penentuan emisi:

Data sampel industri 1.

Jenis Industri	: Makanan dan minuman
Jenis bahan bakar	: Gasoline
Volume	: 2400 L/tahun
NCV gasoline	: 0,000033 TJ/L
FE gasoline	: 69300 kg CO ₂ /TJ

Dengan menggunakan Persamaan 2.5, maka diperoleh nilai Emisi CO₂

$$\begin{aligned}
 \text{Emisi CO}_2 &= \Sigma FC \times CEF \times NCV \\
 &= 2400 \text{ L/tahun} \times 69300 \text{ kg CO}_2/\text{TJ} \times 0,000033 \text{ TJ/L} \\
 &= 5488,56 \text{ Kg CO}_2/\text{tahun}
 \end{aligned}$$

Untuk mendapatkan data jenis bahan bakar yang digunakan dan besar konsumsi bahan bakar yang digunakan masing-masing jenis industri, maka dilakukan pengambilan sampel dengan metode *random sampling*. Sehingga diperoleh rata-rata konsumsi energi dan emisi yang di keluarkan seperti disajikan pada Tabel 4.24.

Berdasarkan Tabel 4.24 diketahui rata-rata emisi yang dihasilkan dari masing-masing jenis industri. Dapat dilihat bahwa nilai rata-rata emisi karbon yang paling besar adalah dihasilkan oleh Industri alat angkutan, mesin dan peralatannya. Setelah diketahui rata-rata emisi per jenis industri, maka dapat dilakukan perhitungan untuk estimasi total emisi tiap jenis industri.

Tabel 4.24 Rata-Rata Emisi Karbon Tiap Jenis Industri

No.	Jenis Industri	Jumlah Sampel	Rata-Rata Emisi Karbon (Kg/Tahun)
1	Industri Makanan dan minuman	30	52,69
2	Industri tekstil, barang kulit dan alas kaki	8	74,38
3	Industri Barang dari kayu dan hasil hutan	2	8,00
4	Industri Barang dari kertas dan percetakan	9	59,91
5	Industri Barang dari karet dan plastik	14	26,36
6	Industri semen dan barang galian non logam	3	65,98
7	Industri logam dasar dan barang dari logam	4	8,93
8	Industri alat angkutan, mesin dan peralatannya	3	858,59
9	Industri furniture dari kayu, logam dan plastik	6	24,25

Sumber: Hasil Perhitungan

Contoh Perhitungan : Data Jenis Industri Makanan, Minuman dan Tembakau

Jumlah Industri : 305 Industri

Rata-Rata emisi CO₂ : 52,69 Kg CO₂/tahun

Total Emisi = Jumlah industri x rata-rata emisi

= 305 x 52,69 Kg CO₂/tahun

= 16.071,44 Kg CO₂/tahun

Tabel 4.25 merupakan hasil perhitungan estimasi emisi CO₂ yang dihasilkan oleh masing-masing jenis industri di Kabupaten Sidoarjo. Digunakan hasil perhitungan pada Tabel 4.24 sebagai salah satu faktor pengali. Sehingga diperoleh total emisi CO₂ per jenis industri per kecamatan di Kabupaten Sidoarjo.

Keterangan Tabel 4.25:

Industri 1 : Industri Makanan dan minuman	Industri 6 : Industri semen dan barang galian non logam
Industri 2 : Industri tekstil, barang kulit dan alas kaki	Industri 7 : Industri logam dasar dan barang dari logam
Industri 3 : Industri Barang dari kayu dan hasil hutan	Industri 8 : Industri alat angkutan, mesin dan peralatannya
Industri 4 : Industri Barang dari kertas dan percetakan	Industri 9 : Industri furniture dari kayu, logam dan plastik
Industri 5 : Industri Barang dari karet dan plastik	Industri 10 : Industri Makanan dan minuman

Tabel 4.25 Emisi Total Maisng-Masing Jenis Industri Tiap Kecamatan Di Kabupaten Sidoarjo

No.	Kecamatan	Emisi Industri 1	Emisi Industri 2	Emisi Industri 3	Emisi Industri 4	Emisi Industri 5	Emisi Industri 6	Emisi Industri 7	Emisi Industri 8	Emisi Industri 9	Emisi Industri 10	Emisi Total
(Kg CO ₂ /tahun)												
1	Sidoarjo	1.370,02	446,26	24,01	119,81	158,16	131,96	8,93	1.717,17	48,51	-	4.024,84
2	Buduran	632,32	371,88	32,01	179,72	342,69	263,92	44,64	35,72	145,52	37,03	2.085,45
3	Candi	2.002,34	892,51	8,00	119,81	289,97	-	8,93	8,93	121,27	74,06	3.525,83
4	Porong	843,09	148,75	-	59,91	52,72	-	17,86	8,93	194,03	-	1.325,29
5	Krembung	1.264,64	74,38	-	59,91	52,72	-	-	-	-	74,06	1.525,70
6	Tulangan	1.528,10	148,75	-	-	-	-	-	-	-	-	1.676,86
7	Tanggulangin	1.633,49	520,63	-	-	-	65,98	8,93	8,93	48,51	-	2.286,47
8	Jabon	1.264,64	148,75	8,00	-	-	-	-	-	-	-	1.421,39
9	Krian	526,93	1.190,02	8,00	179,72	79,08	131,96	17,86	17,86	-	-	2.151,43
10	Balongsendo	158,08	74,38	8,00	419,35	26,36	197,94	8,93	-	48,51	-	941,55
11	Wonoayu	1.106,56	148,75	-	-	158,16	65,98	8,93	8,93	48,51	-	1.545,82
12	Tarik	105,39	-	-	239,63	26,36	-	-	-	-	-	371,38
13	Prambon	368,85	-	-	-	52,72	65,98	-	-	-	-	487,55
14	Taman	1.001,17	966,89	32,01	599,07	869,90	263,92	160,72	116,08	145,52	37,03	4.192,32
15	Waru	1.053,86	1.264,40	64,02	718,88	1.159,87	329,90	205,37	133,93	145,52	111,09	5.186,85
16	Gedangan	843,09	371,88	16,01	539,16	421,77	197,94	133,93	62,50	145,52	148,12	2.879,93
17	Sedati	-	223,13	-	239,63	184,53	-	-	17,86	97,01	37,03	799,18
18	Sukodono	368,85	148,75	-	-	210,89	65,98	8,93	44,64	48,51	37,03	933,58
Emisi CO₂ Total Kabupaten Sidoarjo												37.361,43

Sumber: Hasil Perhitungan

4.1.2.3 Emisi CO₂ dari Kegiatan Transportasi

Dalam penelitian ini, emisi CO₂ dihitung dari setiap jenis kendaraan yang tercatat dari hasil survey *traffic counting* Dinas Perhubungan Kabupaten Sidoarjo. Diperoleh data tentang jumlah tiap jenis kendaraan di tiap kecamatan Kabupaten Sidoarjo.

Jenis bahan bakar yang digunakan di Kabupaten Sidoarjo terdiri atas bahan bakar bensin atau gasoline (Premium dan Pertamina) dan Solar. Jenis kendaraan yang terdata dalam Samsat yaitu jenis mobil penumpang (sedan, jeep, station), bus, truck, sepeda motor dan alat berat. Berikut merupakan jumlah kendaraan dari masing-masing jenis bahan bakar yang digunakan di wilayah Kabupaten Sidoarjo.

Tabel 4.26 Jumlah Kendaraan Dari Masing-Masing Jenis Bahan Bakar yang Digunakan Di Wilayah Kabupaten Sidoarjo

No.	Kecamatan	Mobil Penumpang (Unit)		Bus & Sejenisnya (Unit)	Truck & Sejenisnya (Unit)	Sepeda Motor (Unit)	Alat Berat (Unit)
		Gasoline	Solar	Solar	Solar	Gasoline	Solar
1	Sidoarjo	14.994	1.666	159	4.300	100.479	1
2	Candi	6.527	725	85	1.944	59.495	10
3	Buduran	4.868	541	56	1.420	39.586	5
4	Porong	1.868	208	70	1.074	31.678	0
5	Tanggulangin	2.933	326	55	919	38.787	0
6	Krembung	1.301	145	58	620	24.538	7
7	Jabon	832	92	23	495	19.891	0
8	Gedangan	6.407	712	72	3.137	53.886	1
9	Sedati	5.161	573	22	1.205	39.791	0
10	Waru	15.491	1.721	151	4.762	95.506	34
11	Krian	3.476	386	248	1.942	47.225	1
12	Balongsendo	1.499	167	21	602	25.612	0
13	Tarik	1.173	130	38	406	24.897	0
14	Prambon	1.620	180	24	825	28.611	4
15	Wonoayu	1.796	200	61	904	28.347	2
16	Tulangan	2.097	233	72	940	33.164	0
17	Sukodono	4.085	454	81	1.230	46.222	0
18	Taman	9.210	1.023	128	3.648	87.584	21
Total		85.337	9.482	1.424	30.373	825.299	86

Sumber : Samsat Kab. Sidoarjo, 2013

Emisi karbon dari sektor transportasi dihitung dengan pendekatan konsumsi bahan bakar. Data konsumsi bahan bakar (L/Tahun) didapatkan dari jumlah total bahan bakar sesuai jenisnya di ke-66 SPBU yang ada di Kabupaten Sidoarjo. Dalam

penelitian ini penghitungan emisi dikelompokkan menurut jenis bahan bakar yang digunakan, tanpa memperhitungkan sektor di mana bahan bakar tersebut digunakan. Pendekatan ini hanya memperhitungkan emisi dari pembakaran bahan bakar. Basis perhitungan pada pendekatan ini adalah data pasokan bahan bakar di suatu wilayah kabupaten. Nilai Kalor dan Faktor emisi digunakan ketetapan dari IPCC Guideline (2006) yang nilainya berbeda sesuai dengan jenis bahan bakarnya (Gasoline atau Solar).

Berikut merupakan perhitungan emisi karbon berdasarkan jenis bahan bakarnya :

Bahan Bakar Gasoline

Konsumsi Bahan Bakar Gasoline = 178.405.584 L/Tahun

NCV / Nilai Kalor Gasoline = 0,000033 TJ/L

Faktor Emisi Gasoline = 69.300 Kg CO₂/TJ

Emisi Karbon Gasoline = Konsumsi BBM x NCV x FE Gasoline
 = 178.405.584 L/Tahun x 0,000033 TJ/L x 69.300 Kg CO₂/TJ
 = 407.995.730,1 Kg CO₂/Tahun
 = 407.995,73 Ton CO₂/Tahun

Bahan Bakar Solar

Konsumsi Bahan Bakar Solar = 31.229.940 L/Tahun

NCV / Nilai Kalor Solar = 0,000036 TJ/L

Faktor Emisi Solar = 74.100 Kg CO₂/TJ

Emisi Karbon Solar = Konsumsi BBM x NCV x FE Solar
 = 31.229.940 L/Tahun x 0,000036 TJ/L x 74.100 Kg CO₂/TJ
 = 83.308.987,94 Kg CO₂/Tahun
 = 83.308,99 Ton CO₂/Tahun

Emisi Sektor Transportasi

Emisi Karbon total = Emisi dari Gasoline + Emisi dari Solar
 = 407.995,73 + 83.308,99
 = 491.304,72 Ton CO₂/Tahun

Metode perhitungan dilakukan menggunakan bantuan MS. Excel. Sehingga diperoleh tabel perhitungan seperti pada Tabel 4.27.

Tabel 4.27 Penentuan Emisi Sektor Transportasi

No.	Kecamatan	Emisi (Ton CO ₂ /Thn)
1	Sidoarjo	68,225.76
2	Candi	35,570.10
3	Buduran	24,728.13
4	Porong	16,454.78
5	Tanggulangin	20,446.05
6	Krembung	12,163.07
7	Jabon	9,435.66
8	Gedangan	35,381.84
9	Sedati	24,831.56
10	Waru	68,071.09
11	Krian	26,486.55
12	Balongbendo	12,762.51
13	Tarik	11,667.36
14	Prambon	14,441.31
15	Wonoayu	14,827.51
16	Tulangan	17,132.38
17	Sukodono	25,574.95
18	Taman	53,104.10
Jumlah		491,304.72

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan Tabel 4.27 diketahui bahwa nilai emisi CO₂ dari sektor transportasi di Kabupaten Sidoarjo adalah sebesar 491.304,72 Ton CO₂/Tahun. Wilayah dengan emisi CO₂ tertinggi adalah Kecamatan Sidoarjo. Tingginya emisi dari sektor transportasi di Kecamatan Sidoarjo berkorelasi positif dengan jumlah kendaraan bermotor di kecamatan ini.

4.1.2.4 Emisi CO₂Total

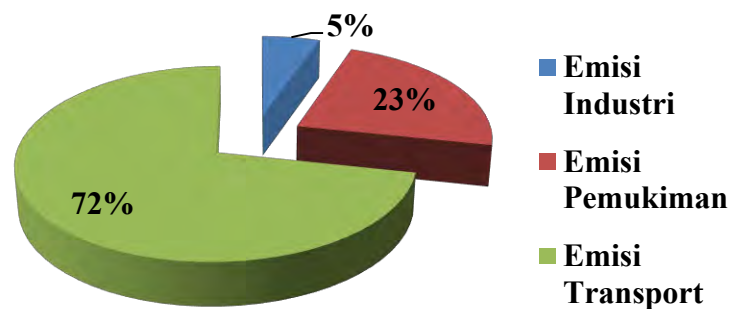
Setelah dilakukan perhitungan estimasi emisi CO₂ primer dari tiga sektor yakni sektor transportasi, industri dan pemukiman, maka diperoleh nilai emisi CO₂ total di Kabupaten Sidoarjo. Emisi CO₂ total diperoleh dengan menjumlahkan emisi CO₂ primer dari transportasi, pemukiman dan industri dalam satuan Ton CO₂ / tahun. Emisi CO₂ total di Kabupaten Sidoarjo dari tiga sektor dapat dilihat pada Tabel 4.28.

Tabel 4.28 Emisi CO₂ Total

No.	Kecamatan	Emisi Industri	Emisi Pemukiman	Emisi Transport	Emisi Total
Ton CO ₂ /Tahun					
1	Sidoarjo	4.024,84	15.413,30	68.225,76	87.663,89
2	Buduran	2.085,45	7.735,32	35.570,10	45.390,87
3	Candi	3.525,83	11.651,16	24.728,13	39.905,12
4	Porong	1.325,29	4.794,43	16.454,78	22.574,50
5	Krembung	1.525,70	4.325,15	20.446,05	26.296,90
6	Tulangan	1.676,86	7.013,37	12.163,07	20.853,30
7	Tanggulangin	2.286,47	6.445,45	9.435,66	18.167,58
8	Jabon	1.421,39	3.664,15	35.381,84	40.467,39
9	Krian	2.151,43	9.215,93	24.831,56	36.198,92
10	Balombangendo	941,55	5.017,93	68.071,09	74.030,57
11	Wonoayu	1.545,82	5.589,79	26.486,55	33.622,16
12	Tarik	371,38	4.859,32	12.762,51	17.993,20
13	Prambon	487,55	5.556,36	11.667,36	17.711,28
14	Taman	4.192,32	17.402,18	14.441,31	36.035,81
15	Waru	5.186,85	19.672,57	14.827,51	39.686,94
16	Gedangan	2.879,93	11.737,02	17.132,38	31.749,33
17	Sedati	799,18	7.446,61	25.574,95	33.820,74
18	Sukodono	933,58	8.871,83	53.104,10	62.909,51
TOTAL					685.078,02

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai emisi total di Kabupaten sidoarjo adalah sebesar 685.078,02 Ton CO₂/Tahun. Itu berarti setiap tahun aktifitas di Kabupaten Sidoarjo melepaskan emisi CO₂ sebesar 685.078,02 Ton.

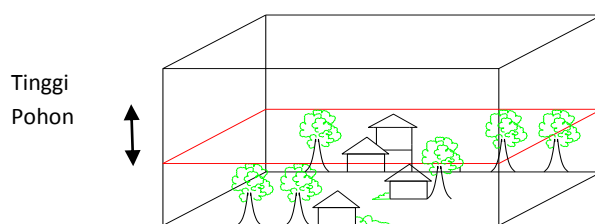


Gambar 4.11 Perbandingan Emisi CO₂ dari Sektor Transportasi, Industri dan Pemukiman

Apabila dibandingkan dengan dua sektor lain (Gambar 4.11), sektor transportasi menyumbang emisi tertinggi di Kecamatan Sidoarjo. Hal ini membuktikan bahwa masyarakat di Kabupaten Sidoarjo sangat aktif dalam perekonomian dan mobilitasnya. Karena fungsi dari transportasi adalah untuk memberikan akses kepada masyarakat agar mudah melakukan kegiatan perekonomiannya. Namun pertumbuhan sektor transportasi yang tak terkendali dapat menjadi bukti rendahnya partisipasi masyarakat dalam penerapan kebijaksanaan transportasi, kinerja angkutan umum yang jelek dan lemahnya fungsi administrator moda transportasi.

4.1.2.5 Penentuan Beban Emisi CO₂ di Kabupaten Sidoarjo dengan *Box Model*

Pada penelitian ini, data emisi CO₂ yang diperhitungkan dalam kaitannya dengan penyerapan emisi CO₂ oleh RTH adalah sumber emisi CO₂ primer yaitu emisi CO₂ dari penggunaan Bahan Bakar Minyak (BBM) dari sektor transportasi dan industri, serta penggunaan bahan bakar (LPG dan minyak tanah) dari sektor pemukiman. Data emisi CO₂ yang digunakan diperoleh dari data sekunder. Visualisasi dari *box model* ditunjukkan dalam Gambar 4.12,



Gambar 4.12 Visualisasi *Box Model* Permukiman

Penentuan beban emisi dilakukan dengan *Box Model*. Dengan menggunakan metode Box Model, dihitung beban maksimal emisi CO₂ primer yang mampu ditahan (terakumulasi dalam waktu tertentu) di Kabupaten Sidoarjo sesuai Persamaan 2.6. Dibutuhkan beberapa asumsi dalam melakukan perhitungan emisi CO₂ menggunakan *Box Model*, antara lain:

- ✓ Digunakan ketinggian pohon rata-rata sebagai batas ketinggian (H), Emisi yang berada di dalam *box* dengan batas atas H dianggap sebagai emisi CO₂ yang menjadi tanggung jawab RTH publik maupun privat. Laju emisi polutan

udara adalah konstan (tetap), sehingga kecepatan angin (U) konstan dan dengan satu arah angin. Nilai U dan arah angin diperoleh dari data sekunder BMKG Tahun 2013, dapat dilihat pada Tabel 2.7.

- ✓ Sifat polutan adalah stabil, tidak terurai selama berada di udara dalam kota.
- ✓ Tidak ada polutan yang masuk atau keluar melalui bagian melalui kedua sisi yang sejajar dengan arah angin.
- ✓ *Box* dalam penelitian ini sesuai dengan batas Kabupaten Sidoarjo. Luas wilayah Kabupaten Sidoarjo (Tabel 2.1) = $714,27 \text{ km}^2 = 7.143.000 \text{ m}^2$
- ✓ Waktu tempuh (t) yaitu jarak sumber emisi terbesar ke batas kabupaten terjauh (L) per kecepatan angin (U). Di mana sumber emisi terbesar adalah Kecamatan Waru. Titik sumber emisi terbesar yang diambil adalah Kecamatan Waru dengan total emisi 39,686,94 mg CO₂/detik, Kemudian diukur jarak L ke batas Kabupaten dengan menggunakan Peta Kabupaten Sidoarjo (Lampiran 1 dan 2).

Langkah perhitungan untuk memperoleh beban Emisi CO₂ di Kabupaten Sidoarjo dengan *Box Model* adalah sebagai berikut:

- Lokasi sumber emisi terbesar adalah Kecamatan Waru, Lokasi ini ditetapkan berdasarkan data total emisi CO₂ per Kecamatan di Kabupaten Sidoarjo (Tabel 4.28)
- Luas Wilayah Kabupaten Sidoarjo = $714,27 \text{ km}^2 = 714.300.000 \text{ m}^2$
- L = 34,2 Km = 34.200 m
- H = 10,3 m
- Arah angin = Timur
- U = 3,6 m/detik; dapat dilihat pada Tabel 2.7,
Nilai U yang diambil sesuai dengan arah angin lalu dirata-ratakan,
- Total emisi CO₂ primer = 685,078.02 ton/tahun = 21.707.162 mg CO₂/detik
(dapat dilihat pada Tabel 4.28)

Selanjutnya berdasarkan Persamaan 2.6, dilakukan perhitungan untuk memperoleh waktu tempuh (t) dan rata-rata emisi pencemar per meter persegi (q) terlebih dahulu,

$$t = \frac{L (m)}{U (m/detik)}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{34200 \text{ m}}{3,6 \text{ m/detik}} \\
&= 9500 \text{ detik} \\
q &= \frac{\text{Total emisi CO}_2 \text{ di Kabupaten Sidoarjo}}{\text{Luas Kabupaten}} \\
&= \frac{21.707.162,00 \text{ mg/detik}}{714300000 \text{ m}^2} \\
&= 0,03 \text{ mg/m}^2/\text{detik}
\end{aligned}$$

Diperoleh nilai q adalah 0,03 mg/m²/detik, Setelah diperoleh nilai t dan q selanjutnya dihitung nilai C (t) sesuai Persamaan 2.6,

$$\begin{aligned}
C(t) &= \frac{qL}{UH} (1 - e^{(-Ut)/L}) \\
&= \frac{0,03 (34200)}{3,6 (10,3)} (1 - e^{\frac{-3,6 \times 9500}{34200}}) \\
&= 17,49 \text{ mg/m}^3
\end{aligned}$$

Setelah menghitung konsentrasi pencemar, kemudian dihitung volume Kabupaten Sidoarjo atau Volume Box dalam penelitian ini,

$$\begin{aligned}
V &= \text{Luas Kabupaten (m}^2 \text{)} \times H \text{ (m)} \\
&= 714.300.000 \text{ m}^2 \times 10,3 \text{ m} \\
&= 7.357.290.000 \text{ m}^3
\end{aligned}$$

Diperoleh volume Kabupaten Sebesar 7.357.290.000 m³. Selanjutnya dapat diperoleh massa CO₂ (mg) dalam wilayah tersebut.

$$\begin{aligned}
\text{Massa CO}_2 &= C(t) \times \text{Volume Box} \\
&= 17,49 \text{ mg/m}^3 \times 7.357.290.000 \text{ m}^3 \\
&= 12,9 \times 10^{10} \text{ mg}
\end{aligned}$$

Untuk mendapatkan besar massa CO₂ persatuan waktu maka,

$$\begin{aligned}
\text{Massa CO}_2 \text{ (mg/detik)} &= \frac{\text{Massa CO}_2 \text{ (mg)}}{t \text{ (detik)}} \\
&= \frac{(12,9 \times 10^{10} \text{ mg})}{(9500 \text{ detik})} \\
&= 13.545.269 \text{ mg CO}_2/\text{detik} = 13.545,3 \text{ g CO}_2/\text{detik}
\end{aligned}$$

Massa CO₂ dalam gram per detik merupakan besar emisi CO₂ yang ditinjau dalam penelitian ini, Jadi, emisi CO₂ dalam box dengan batas atas H1 adalah

13.545,3 g CO₂/detik. Beban emisi ini dapat diserap seluruhnya oleh RTH di Kabupaten Sidoarjo. Untuk dapat menentukan kecukupan RTH di wilayah tersebut, maka dilakukan perbandingan daya serap tiap kecamatan dengan beban emisi yang harus ditanggung. Maka dilakukan pemodelan beban emisi dengan box model pada masing-masing kecamatan. Dengan asumsi-asumsi sebagai berikut:

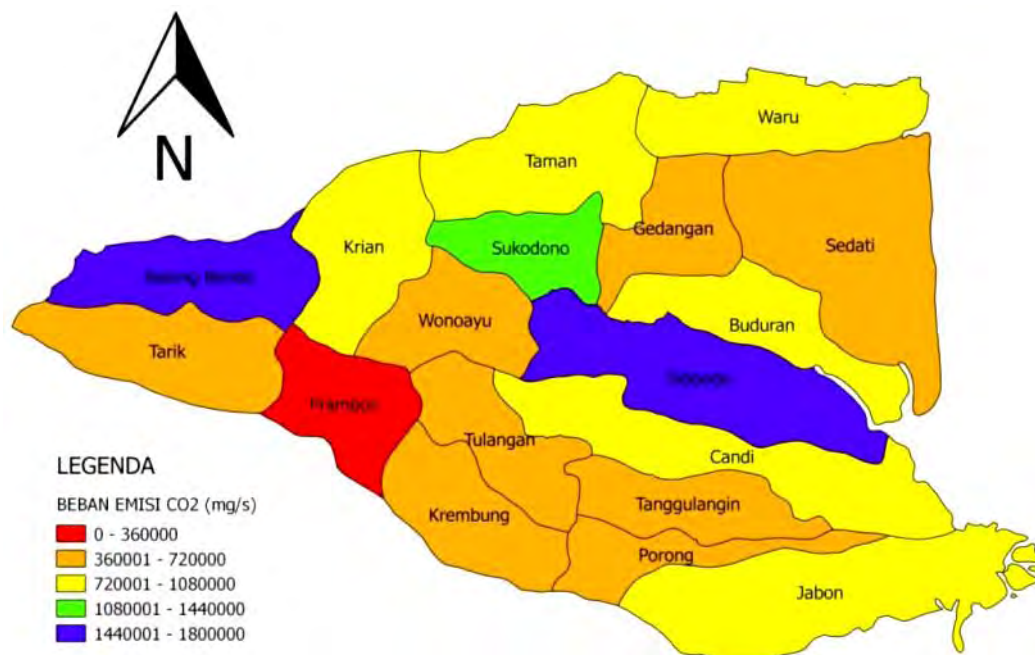
- ✓ Digunakan ketinggian pohon rata-rata 10,3 m sebagai batas ketinggian (H), Emisi yang berada di dalam *box* dengan batas atas H dianggap sebagai emisi CO₂ yang menjadi tanggung jawab RTH publik maupun privat tiap wilayah. Laju emisi polutan udara adalah konstan (tetap), sehingga kecepatan angin (U) konstan dan dengan satu arah angin. Nilai U dan arah angin diperoleh dari data sekunder BMKG Tahun 2013 dilihat pada Tabel 2.7.
- ✓ Sifat polutan adalah stabil, tidak terurai selama berada di udara dalam kota.
- ✓ Tidak ada polutan yang masuk atau keluar melalui bagian melalui kedua sisi yang sejajar dengan arah angin.
- ✓ *Box* dalam penelitian ini sesuai dengan batas masing-masing kecamatan.
- ✓ Waktu tempuh (t) yaitu jarak sumber emisi terbesar ke batas kecamatan terjauh (L) per kecepatan angin (U). Dikarenakan tidak diketahui sumber terbesar emisi di masing-masing kecamatan, maka digunakan diagonal terjauh sesuai arah angin dominan (timur) pada masing-masing kecamatan.

Tabulasi perhitungan box model masing-masing kecamatan dapat dilihat pada Tabel 4.29. Nilai beban emisi masing-masing kecamatan tersebut kemudian dibandingkan dengan daya serap masing-masing kecamatan. Sehingga diketahui kecukupan dari RTH di kecamatan tersebut dalam menyerap emisi CO₂.

Tabel 4.29 Beban Emisi CO₂ di Tiap Kecamatan

No.	Nama Kecamatan	Luas Kecamatan (m ²)	L (m)	H (m)	U (m/dt)	t (dt)	Emisi (mg/detik)	q (mg/m ² /dt)	V (m ³)	Ct (mg/m ³)	Massa CO ₂ (mg)	Massa CO ₂ Per satuan Waktu (mg/dt)
1	Sidoarjo	62.560.000	13500	10,3	3,6	3750,0	2.777.690	0.04	644.368.000	10,22	6.584.380.829,47	1.755.834,89
2	Buduran	41.025.000	9225			2562,5	1.438.241	0.04	422.557.500	5,51	2.329.674.955,49	909.141,45
3	Candi	40.667.500	12600			3500,0	1.264.421	0.03	418.875.250	6,68	2.797.432.184,11	799.266,34
4	Porong	29.822.500	8100			2250,0	715.288	0.02	307.171.750	3,31	1.017.334.114,35	452.148,50
5	Krembung	29.550.000	7200			2000,0	833.235	0.03	304.365.000	3,46	1.053.410.087,56	526.705,04
6	Tulangan	31.205.000	8100			2250,0	660.751	0.02	321.411.500	2,92	939.767.199,47	417.674,31
7	Tanggulangin	32.290.000	11925			3312,5	575.652	0.02	332.587.000	3,62	1.205.357.579,23	363.881,53
8	Jabon	80.997.500	17100			4750,0	1.282.237	0.02	834.274.250	4,61	3.850.008.519,26	810.528,11
9	Krian	32.500.000	8325			2312,5	1.146.987	0.04	334.750.000	5,01	1.676.641.865,66	725.034,32
10	Balombang	31.400.000	11250			3125,0	2.345.709	0.07	323.420.000	14,33	4.633.658.324,54	1.482.770,66
11	Wonoayu	33.920.000	9000			2500,0	1.065.341	0.03	349.376.000	4,82	1.683.559.737,34	673.423,89
12	Tarik	36.060.000	11700			3250,0	570.127	0.02	371.418.000	3,15	1.171.263.729,29	360.388,84
13	Prambon	34.225.000	9000			2500,0	561.194	0.02	352.517.500	2,52	886.855.344,75	354.742,14
14	Taman	31.535.000	10800			3000,0	1.141.819	0.04	324.810.500	6,67	2.165.301.821,56	721.767,27
15	Waru	30.320.000	12600			3500,0	1.257.508	0.04	312.296.000	8,91	2.782.137.488,85	794.896,43
16	Gedangan	24.057.500	6300			1750,0	1.005.999	0.04	247.792.250	4,49	1.112.847.265,18	635.912,72
17	Sedati	79.430.000	9675			2687,5	1.071.633	0.01	818.129.000	2,23	1.820.516.196,86	677.401,38
18	Sukodono	32.677.500	8550			2375,0	1.993.331	0.06	336.578.250	8,89	2.992.559.944,65	1.260.025,24

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 4.13 Peta Beban Emisi CO₂

Gambar 4.13 menggambarkan persebaran beban emisi CO₂ sesuai dengan hasil perhitungan menggunakan *Box Model* pada Tabel 4.29. Dapat dilihat bahwa wilayah yang berwarna biru merupakan wilayah dengan beban emisi CO₂ tertinggi yakni bernilai antara 1.440.001 mg/detik hingga 1.800.000 mg/detik. Dua kecamatan tersebut adalah Kecamatan Balongbendo dan Kecamatan Sidaorjo.

4.1.2.6 Hubungan Sumber Emisi dan Penyerapan

Kemampuan serapan emisi CO₂ oleh RTH dipengaruhi oleh beberapa faktor. Dalam penelitian ini digunakan pendekatan faktor luas tutupan (kanopi) atau luas tajuk. Untuk mengetahui hubungan antara sumber emisi dan penyerapnya dibutuhkan data mengenai besarnya emisi yang dikeluarkan oleh kontributor di tiap kecamatan di Kabupaten Sidoarjo. Kontributor dalam penelitian ini adalah emisi CO₂ dari sektor pemukiman, transportasi dan industri.

Besarnya beban emisi karbon (CO₂) yang harus ditanggung setiap kecamatan di Kabupaten Sidoarjo dapat dilihat pada Tabel 4.29. Besarnya kemampuan serapan emisi CO₂ setiap kecamatan di Kabupaten Sidoarjo dapat dilihat pada Gambar 4.4. Besarnya resultan emisi diperoleh dari beban emisi dikurangi kemampuan serapan.

Tabel 4.30 memberikan informasi mengenai perbandingan beban emisi yang harus ditanggung dengan serapannya di tiap kecamatan di Kabupaten Sidoarjo.

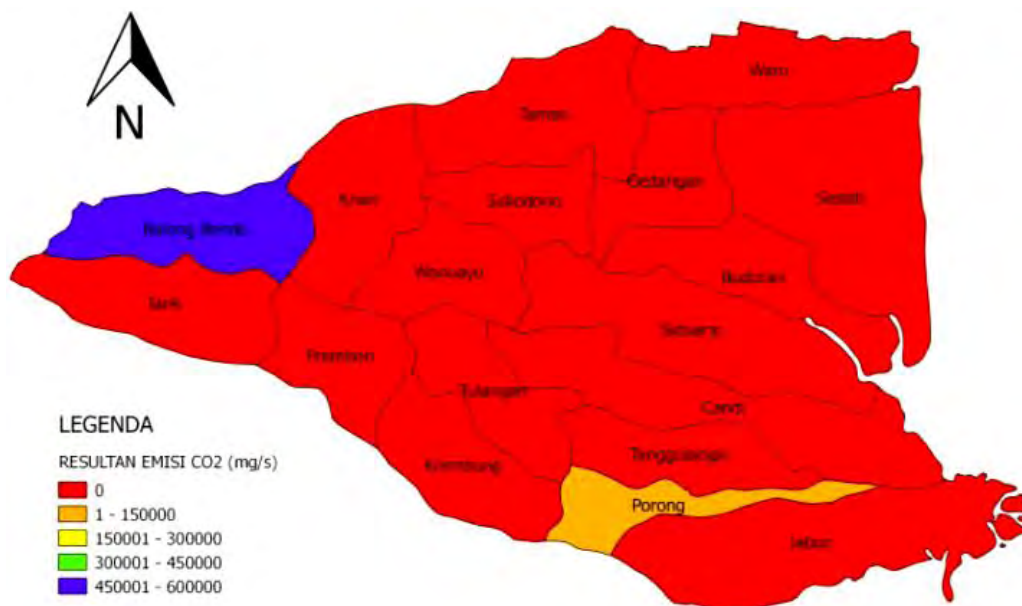
Tabel 4.30 Resultan Emisi dan Serapan

No.	Nama Kecamatan	Beban Emisi	Daya Serap Emisi CO ₂	Resultan Emisi dan Serapan
		(mg/detik)	(mg/detik)	(mg/detik)
1	Sidoarjo	1.755.834,89	1.193.971.960	-
2	Buduran	909.141,45	125.126.290	-
3	Candi	799.266,34	91.450.820	-
4	Porong	452.148,50	416.530	35.618,50
5	Krembung	526.705,04	737.760	-
6	Tulangan	417.674,31	742.270	-
7	Tanggulangin	363.881,53	42.734.360	-
8	Jabon	810.528,11	2.051.490	-
9	Krian	725.034,32	180.531.540	-
10	Balongbendo	1.482.770,66	885.280	597.490,66
11	Wonoayu	673.423,89	832.950	-
12	Tarik	360.388,84	835.240	-
13	Prambon	354.742,14	820.330	-
14	Taman	721.767,27	60.848.820	-
15	Waru	794.896,43	246.364.400	-
16	Gedangan	635.912,72	60.082.270	-
17	Sedati	677.401,38	8.082.160	-
18	Sukodono	1.260.025,24	730.696.330	-

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan Tabel 4.30 dapat diketahui bahwa terdapat dua kecamatan yang nilai beban emisinya lebih besar apabila dibandingkan dengan serapannya. Dua kecamatan tersebut adalah Kecamatan Porong dengan beban emisi yang belum terserap adalah sebesar 35.618,50 mg/detik dan Kecamatan Balongbendo dengan beban emisi yang belum terserap adalah sebesar 597.490,66 mg/detik. Sehingga diperlukan penambahan kemampuan serapan emisi CO₂ oleh RTH di dua kecamatan tersebut.

Gambar 4.14 menggambarkan hasil perbandingan antara beban emisi dengan kemampuan serapan di masing-masing kecamatan di Kabupaten Sidoarjo. Dapat dilihat bahwa hasil penggambaran sesuai dengan Tabel 4.30. Terdapat dua Kecamatan yang masih membutuhkan penambahan RTH.



Gambar 4.14 Peta Resultan Emisi CO₂

Berdasarkan Gambar 4.14 dapat diketahui dua kecamatan dengan sisa emisi CO₂ yang tidak terserap oleh RTH di wilayah tersebut. Kecamatan Porong berada di kisaran beban emisi yang tersisa antara 1 mg/detik hingga 150.000 mg/detik. Sedangkan yang tertinggi adalah Kecamatan Balongbendo antara 450.001 hingga 600.000 mg/detik. Dengan adanya informasi tersebut maka dapat dilakukan upaya penyeimbangan lingkungan dengan menambahkan kemampuan serapan RTH khususnya di dua wilayah tersebut.

4.2. Aspek Lingkungan

Kabupaten berkembang seperti Kabupaten Sidoarjo, akan mengalami permasalahan permintaan akan pemanfaatan lahan kota yang terus tumbuh dan bersifat akseleratif untuk pembangunan berbagai fasilitas. Termasuk kemajuan teknologi, industri, dan transportasi. Di pihak lain, pertambahan jalur transportasi dan sistem utilitas yang saat ini sedang menjadi bentuk pembangunan utama, sebagai bagian dari peningkatan kesejahteraan warga Kabupaten Sidoarjo, juga telah menambah jumlah bahan pencemar dan telah menimbulkan berbagai ketidaknyamanan di lingkungan kabupaten. Emisi CO₂ dari aktifitas transportasi di Kabupaten Sidoarjo merupakan penyumbang CO₂ tertinggi, mencapai 72% dari total emisi CO₂ ketiga sumber emisi (Tabel 4.29).

Menurut Budiharjo dan Sujarto (2005), angka pertumbuhan penduduk dan perkembangan kota, dan pada waktu yang sama juga berdampak negatif pada perlindungan alam, sehingga untuk mewujudkan suatu kota yang berkelanjutan diperlukan keberadaan penyeimbang lingkungan dengan penyediaan Ruang Terbuka Hijau kota (Budiharjo dan Sujarto, 2005). Sebuah kawasan perkotaan dengan aktivitas dominan di sektor industri seperti Kabupaten Sidoarjo akan mempengaruhi tumbuhnya aktivitas lain sebagai *multiplier effect* yaitu aktivitas transportasi serta pemukiman.

Apabila secara teknis, daya serap RTH terhadap emisi CO₂ yang dihitung berdasarkan pendekatan luas area sudah mencukupi untuk menyerap emisi CO₂. Namun kecukupan tersebut tidak merata, dapat dilihat pada Tabel 4.30 bahwa masih terdapat 2 kecamatan yang masih kekurangan ruang terbuka hijau sebagai serapan emisi CO₂. Tingginya emisi di kecamatan-kecamatan tersebut apabila tidak diimbangi dengan peningkatan serapannya maka akan menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan secara regional maupun global. Sembilan Kecamatan yang masih kekurangan RTH sebagai serapan emisi CO₂ antara lain.

- a. Kecamatan Balongbendo, dengan besar emisi CO₂ yang tidak terserap adalah sebesar 597.490,66 mg/detik. Emisi tertinggi di kecamatan ini adalah berasal dari sektor transportasi. Kecamatan ini berada di wilayah kawasan konservasi pertanian teknis, industri non kawasan, peternakan, dan ditunjang dengan kegiatan permukiman kepadatan rendah. Menurut RTRW Kabupaten Sidoarjo Tahun 2009-2029 (Lampiran 1), peruntukan lahan Kecamatan Balongbendo adalah untuk kawasan lahan sawah. Di kecamatan ini terdata hanya memiliki RTH privat 10,05 Ha dan RTH Publik berupa lahan sawah seluas 2.243 Ha. Sehingga diasumsikan tidak ada pengelolaan untuk jenis RTH yang lain. Oleh karena itu diperlukan optimalisasi RTH privat dan peningkatan upaya pengelolaan RTH publik jalur hijau, median jalan, taman kota dan pulau jalan. Selain itu diperlukan juga adanya upaya reduksi emisi CO₂ dari sumber. Khususnya untuk sektor transportasi sebagai penyumbang emisi CO₂ terbesar.
- b. Kecamatan Porong, dengan besar emisi CO₂ yang tidak terserap adalah sebesar 35.618,50 mg/detik. Emisi tertinggi adalah berasal dari sektor

transportasi kemudian pemukiman dan industri. Kecamatan ini berada di wilayah kawasan konservasi geologi, kawasan industri dan pertanian (Lampiran 2), dengan peruntukan lahan mayoritas sebagai kawasan lahan sawah dan pemukiman (Lampiran 1). Namun peruntukan tersebut berubah setelah ada bencana lumpur lapindo, yang menyebabkan sebagian wilayah kecamatan ini menjadi wilayah konservasi geologi (lahan terdampak). Oleh karena itu rendahnya luas dan serapan RTH di kecamatan ini harus di tangani dengan cermat. Salah satu cara meningkatkan luas dan daya serap RTH adalah dengan memmaksimalkan RTH privat. Upaya tersebut harus diiringi dengan penurunan emisi CO₂ dari sumber.

Dampak negatif dari suboptimalisasi RTH, dimana RTH kota tersebut tidak memenuhi persyaratan jumlah dan kualitas (RTH tidak tersedia, RTH tidak fungsional, fragmentasi lahan (penyusutan kepemilikan lahan pertanian) yang menurunkan kapasitas lahan dan selanjutnya menurunkan kapasitas lingkungan, alih guna dan fungsi lahan) terjadi baik jangka pendek maupun jangka panjang. Berdasarkan uraian di atas, diketahui bahwa emisi tertinggi dari ke dua kecamatan tersebut adalah berasal dari sektor transportasi. Sehingga, selain diperlukan peningkatan luasan dan daya serap RTH, diperlukan pula upaya pengurangan CO₂ dari sumber.

Upaya Peningkatan Serapan Ruang Terbuka Hijau

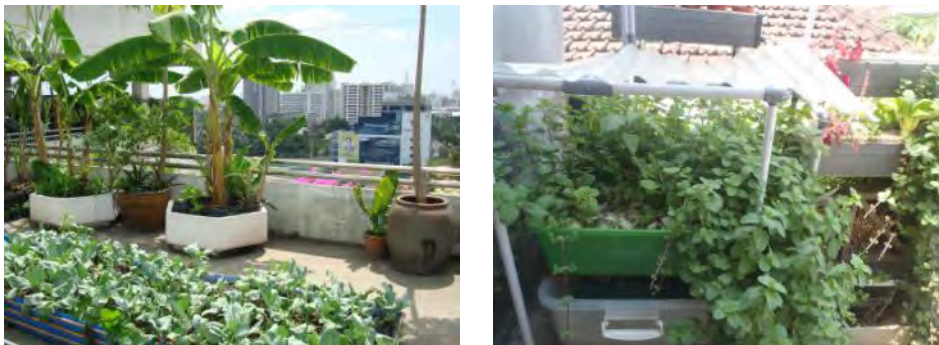
Menurut Mawardah (2013), kebutuhan RTH ini akan terus meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk. Oleh karena itu usaha pengembangan RTH tidak hanya dapat dilakukan pada usaha pengadaan lapangan olahraga taman kota, jalur hijau dan sempadan jalan serta sempadan sungai seperti yang selama ini dilaksanakan pada kondisi existing tetapi perlu usaha pengembangan di daerah-daerah yang mempunyai potensi tata hijau seperti pada kawasan industri, halaman rumah penduduk, kawasan bisnis dan perdagangan maupun kawasan lainnya. Usaha pengembangan ruang terbuka hijau untuk dapat meningkatkan kemampuan serapnya terhadap emisi CO₂ dapat dilaksanakan dengan cara intensifikasi dan cara ekstensifikasi.

1. Intensifikasi Ruang Terbuka Hijau

Intensifikasi RTH adalah upaya pengembangan, pemanfaatan dan perbaikan dengan mengoptimalkan ruang terbuka hijau yang sudah ada tanpa penambahan RTH baru. Pelaksanaan intensifikasi adalah pada daerah-daerah yang sekarang sudah ada dan dimiliki seperti lapangan bola, sempadan jalan, sempadan pantai, taman kota, RTH privat.

Beberapa cara intensifikasi yang dapat di terapkan di Kabupaten Sidoarjo adalah

- Pembangunan atau perbaikan serta pemeliharaan taman-taman kota yang telah ada sehingga dapat difungsikan sebagaimana mestinya. Dapat dilakukan dengan penambahan jumlah perdu atau dengan penggantian tanaman yang rusak dengan jenis tanaman baru.
- Penanaman tanaman perdu dan pohon pada halaman rumah penduduk dan halaman perkantoran atau instansi-instansi baik yang dimiliki oleh pemerintah maupun swasta serta institusi pendidikan yang ada.
- Penanaman tanaman dengan mempergunakan pot sebagai tempat penanamannya dan mempergunakan sistem roof garden untuk daerah-daerah pemukiman padat, fasilitas bisnis seperti pertokoan, pasar, dan hotel/wisma serta toko/ruko yang bertingkat.



Gambar 4.15 Bentuk Pemanfaatan Atap sebagai *Roof Garden*

- Pengembangan ruang terbuka hijau pada daerah-daerah sempadan sungai, pinggir-pinggir kanal dan pesisir pantai.
- Melestarikan budaya dan kearifan lokal pola penanaman tumpang sari (*polyculture*). Menurut Setiawan (2009) dalam jurnal penelitian dengan

judul Kearifan Lokal Pola Tanam Tumpangsari Di Jawa Timur, menyatakan kombinasi jenis-jenis tanaman yang biasa digunakan petani Jawa Timur dalam pola tanam tumpangsari antara lain jagung-kacang tanah, ketela pohon-ubi jalar, ketela pohon-cabe rawit, padi-jagung, dan padi-jagung-mangga.

2. Ekstensifikasi Ruang Terbuka Hijau

Ekstensifikasi adalah pola pengembangan dan pembangunan dengan memperluas ruang terbuka pada ruang-ruang terbuka yang sudah ada dan membangun RTH baru. Terdapat 3 skenario untuk meningkatkan kemampuan serapan RTH. Peningkatan serapan dapat dilakukan dengan menambah luasan RTH pohon atau RTH Perdu atau dengan mengkombinasikan keduanya.

Tabel 4.31 Skenario Ekstensifikasi Ruang Terbuka Hijau

No.	Nama Kecamatan	Resultan	Luas Eksisting	Luas RTH pohon yang harus di tambah	Luas RTH Kombinasi (70% pohon dan 30% perdu)	Luas RTH Kombinasi (100% Pohon dan 100% Perdu)
		(mg CO ₂ /detik)	(Ha)	(Ha)	(Ha)	(ha)
1	Sidoarjo	-	626.073,87	-	-	-
2	Buduran	-	80.900,90	-	-	-
3	Candi	-	58.564,11	-	-	-
4	Porong	35.618	1.018,10	1,97	7,51	1,80
5	Krembung	-	1.865,43	-	-	-
6	Tulangan	-	1.881,31	-	-	-
7	Tanggulangin	-	35.343,26	-	-	-
8	Jabon	-	2.619,81	-	-	-
9	Krian	-	126.391,37	-	-	-
10	Balongbendo	597.491	2.253,05	33,11	125,96	30,19
11	Wonoayu	-	2.116,48	-	-	-
12	Tarik	-	2.122,25	-	-	-
13	Prambon	-	2.083,78	-	-	-
14	Taman	-	47.485,49	-	-	-
15	Waru	-	143.456,40	-	-	-
16	Gedangan	-	36.235,17	-	-	-
17	Sedati	-	8.330,10	-	-	-
18	Sukodono	-	329.560,37	-	-	-

Sumber: Hasil Pehitungan

Tabel 4.31 merupakan salah satu bentuk upaya ekstensifikasi RTH untuk penambahan kemampuan serapan emisi CO₂, khususnya di Kecamatan Balongbendo dan Porong. Upaya pertama yang dapat dilakukan adalah dengan menambah luasan RTH yang terdiri dari tegakan pohon. Berdasarkan penelitian Prasetyo (2002) dalam Tinambunan (2006), besarnya serapan oleh tegakan pohon adalah 569,07 Ton CO₂/Ha/tahun dan oleh perdu atau semak belukar adalah 55 Ton CO₂/Ha/tahun. Dengan mengetahui besarnya laju serapan per luas area per tahunnya maka dapat dilakukan penentuan berapa luas yang dibutuhkan untuk menyerap emisi CO₂ yang masih tersisa di masing-masing kecamatan.

Berdasarkan Tabel 4.30 diketahui bahwa untuk meningkatkan daya serap di beberapa kecamatan di Kabupaten Sidoarjo menurut perhitungan teknis terdapat 3 alternatif yang dapat dilaksanakan.

1. Skenario 1

Skenario satu memanfaatkan tutupan vegetasi pohon untuk meningkatkan kemampuan serapan wilayah. Berdasarkan Tabel 4.28 dapat diketahui bahwa untuk Kecamatan Porong dengan besar emisi yang tidak terserap sebesar 35.618 mg CO₂/detik, menggunakan tutupan vegetasi pohon dengan laju serapan 569,07 Ton CO₂/Ha/tahun dibutuhkan penambahan luas 1,97 Ha. Kelemahan dari skenario ini adalah masa tunggu pertumbuhan pohon yang relatif lama, sehingga akan memakan waktu beberapa tahun hingga pohon tersebut tumbuh tinggi dan berdaun lebat. Kelebihannya adalah luas lahan yang dibutuhkan sangat sedikit, sehingga dapat diterapkan di Kabupaten Sidoarjo yang saat ini sedang mengalami pembangunan dan lahan terbuka semakin sedikit.

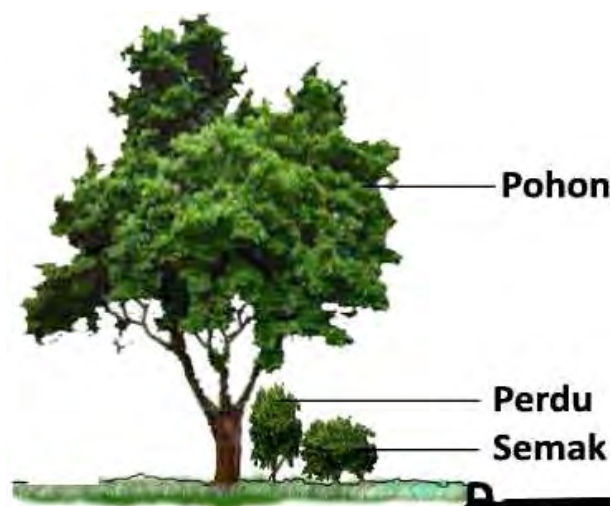
2. Skenario 2

Skenario dua memanfaatkan tutupan vegetasi pohon yang dikombinasikan perdu atau semak dengan proporsi masing-masing adalah 70% Pohon dan 30% Perdu. Dari Tabel 4.30 dapat dilihat bahwa untuk Kecamatan Porong dengan besar emisi yang tidak terserap sebesar 35.618 mg CO₂/detik, menggunakan tutupan vegetasi perdu dengan laju serapan 55 Ton CO₂/Ha/tahun dan pohon dengan laju serapan 569,07 Ton CO₂/Ha/tahun

dibutuhkan penambahan luas 7,52 Ha. Kelemahan dari skenario ini adalah masa tunggu pertumbuhan pohon yang relatif lama, dan kerumitan penentuan porsi penanaman pohon dan perdu agar mencapai serapan yang maksimal. Kelebihan dari skenario ini adalah apabila pohon belum mampu menyerap dengan maksimal karena usia dan pertumbuhan yang lama, fungsi serapan dapat di bantu dengan keberadaan perdu yang memiliki waktu tumbuh lebih cepat.

3. Skenario 3

Skenario dua memanfaatkan tutupan vegetasi pohon yang dikombinasikan perdu atau semak dengan proporsi masing-masing adalah 100%. Dari Tabel 4.30 dapat dilihat bahwa untuk Kecamatan Porong dengan besar emisi yang tidak terserap sebesar 35.618 mg CO₂/detik, menggunakan tutupan vegetasi perdu dan pohon dengan laju serapan total 624,07 Ton CO₂/ Ha/tahun dibutuhkan penambahan luas 1,8 Ha. Pola penanaman skenario ini dapat dilihat pada Gambar 4.15. Kelemahan dari skenario ini adalah masa tunggu pertumbuhan pohon yang relatif lama, dan biaya penanaman yang tinggi karena menggunakan kedua jenis tanaman. Kelebihannya adalah luas lahan yang dibutuhkan sangat sedikit, dan mempercantik tampilan taman atau RTH yang akan di buat, karena tanaman perdu dan semak dapat digunakan tanaman hias yang sesuai.



Gambar 4.16 Pola Penanaman Kombinasi 100% Pohon dan Perdu

Mengingat kondisi Kabupaten Sidoarjo yang saat ini mulai mengalami degradasi lahan terbuka dan terbatasnya lahan untuk pengembangan RTH, maka skenario intensifikasi dan skenario ekstensifikasi ke 3 memungkinkan untuk dilakukan. Penanaman perdu dapat dilakukan dengan metode penanaman vertikal untuk menghemat lahan. Pola penanaman vertikal dapat dilihat pada Gambar 4.17.



Gambar 4.17 Pola Penanaman Vertikal

Pola penanaman RTH vertikal ini selain berfungsi untuk meningkatkan kemampuan serapan emisi CO₂ juga untuk meningkatkan nilai estetika lingkungan. sehingga selain bermanfaat secara ekologis dan lingkungan juga bermanfaat secara estetika.

4.3. Aspek Ekonomi

Pada pembahasan aspek ekonomi ini, dilakukan perhitungan secara ekonomi terkait penambahan luasan RTH dalam upaya meningkatkan kemampuan serapan emisi CO₂ sesuai skenario yang direncanakan. Sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 05/PRT/M/2008 tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Perkotaan, untuk jenis tanaman yang akan ditanam pada RTH sebagai penyerap polusi sebaiknya terdiri dari pohon, perdu/semak, memiliki kegunaan untuk menyerap udara, jarak tanam rapat, bermassa daun padat.

Sesuai dengan perhitungan pada Tabel 4.31, kecamatan yang membutuhkan penambahan area RTH adalah Kecamatan Porong dan Balongbendo. Sehingga perhitungan selanjutnya dilakukan pada dua kecamatan tersebut. Dalam perhitungan biaya investasi tidak memperhatikan biaya penanaman dan

pemeliharaan tanaman. Sehingga perhitungan finansial masing-masing skenario adalah sebagai berikut:

a. Skenario 1

Perhitungan ini menggunakan Standar Satuan Harga Belanja Daerah Kota Surabaya 2012 sebagai acuan. Diasumsikan jenis pohon yang ditanam adalah seragam yakni Pohon Angsana (cangkok) dengan ketinggian $\pm 1,5$ m diameter 3 cm, area tanam pohon angšana adalah 15 m^2 , diperlukan 667 batang per Ha. Sehingga diperoleh perhitungan seperti pada Tabel 4.32.

Tabel 4.32 Hasil Perhitungan Finansial Skenario 1

No	Kecamatan	Luas RTH yang harus di tambah	Harga Perbatang	Biaya Investasi	Total
		Ha	Rp	Rp	Rp
1	Porong	1,97	90.500	118.856.667	2.116.493.333
2	Balongbendo	33,11	90.500	1.997.636.667	

Sumber: Hasil Perhitungan

b. Skenario 2

Perhitungan ini menggunakan Standar Satuan Harga Belanja Daerah Kota Surabaya 2012 sebagai acuan. Diasumsikan jenis pohon dan perdu yang ditanam adalah seragam yakni:

- Pohon Angsana (cangkok) ketinggian $\pm 1,5$ m diameter 3 cm, area tanam pohon angšana adalah 15 m^2 , diperlukan 667 batang per Ha.
- Perdu jenis Teh-tehan ketinggian kurang dari 30 cm, area tanam 3 m^2 , diperlukan 3.333 batang per Ha.

Sehingga diperoleh perhitungan seperti pada Tabel 4.33.

Tabel 4.33 Hasil Perhitungan Finansial Skenario 2

No	Kecamatan	Luas RTH yang harus di tambah	Harga Perbata ng pohon	Harga Perbatang Perdu	Biaya Investasi	Total
		Ha	Rp	Rp	Rp	Rp
1	Porong	7,51	90.500	2.950	339.326.833	5.659.037.500
2	Balongbendo	125,96	90.500	2.950	5.319.710.667	

Sumber: Hasil Perhitungan

c. Skenario 3

Perhitungan ini menggunakan Standar Satuan Harga Belanja Daerah Kota Surabaya 2012 sebagai acuan. Diasumsikan jenis pohon dan perdu yang ditanam adalah seragam.

- Pohon Angsana (cangkok), ketinggian $\pm 1,5$ m diameter 3 cm, area tanam pohon angsana adalah 15 m^2 , diperlukan 667 batang per Ha.
- Perdu jenis Teh-tehan, ketinggian kurang dari 30 cm, area tanam 3 m^2 , diperlukan 3.333 batang per Ha.

Sehingga diperoleh perhitungan seperti pada Tabel 4.34.

Tabel 4.34 Hasil Perhitungan Finansial Skenario 3

No	Kecamatan	Luas RTH yang harus di tambah	Harga Perbatang pohon	Harga Perbatang Perdu	Biaya Investasi	Total
		Ha	Rp	Rp	Rp	Rp
1	Porong	1,80	90.500	2.950	126.300.000	2.244.631.667
2	Balongbendo	30,19	90.500	2.950	2.118.331.667	

Sumber: Hasil Perhitungan

Pemilihan skenario upaya peningkatan luasan dan daya serap RTH di Kabupaten Sidoarjo harus memenuhi aspek teknis, lingkungan dan ekonomi. Secara ekonomi diperoleh hasil bahwa dari ketiga skenario yang memiliki kebutuhan biaya terendah adalah skenario satu, yakni skenario penambahan luas RTH dengan komposisi 100% pohon dengan kebutuhan biaya sebesar Rp 2.116.493.333,00. Selanjutnya adalah skenario ke tiga dengan komposisi 100% pohon dan perdu kebutuhan biaya sebesar Rp 2.244.631.667,00. Skenario dengan kebutuhan biaya tertinggi adalah skenario dua dengan komposisi 70% pohon dan 30% perdu, kebutuhan biaya sebesar Rp 5.659.037.500,00.

Secara teknis dan lingkungan skenario tiga merupakan alternatif paling memungkinkan. Karena membutuhkan lahan penanaman paling kecil dari dua skenario yang lain. Berdasarkan perhitungan skenario 1 dibutuhkan penambahan lahan untuk Kecamatan Porong dan Balongbendo masing-masing adalah 1,97 Ha dan 33,11 Ha. Skenario 2 menyatakan dibutuhkan lahan untuk Kecamatan Porong dan Balongbendo masing-masing adalah 7,51 Ha dan 125,96 Ha. Dengan skenario

3 dibutuhkan penambahan lahan untuk Kecamatan Porong dan Balongbendo masing-masing adalah 1,8 Ha dan 30,19 Ha.

Skenario pertama apabila dilihat dari aspek ekonomi membutuhkan biaya investasi 6% lebih rendah dibandingkan dengan skenario ke tiga. Namun skenario pertama membutuhkan penambahan luas area yang lebih tinggi. Mengingat kondisi lahan di Kabupaten Sidoarjo yang semakin padat dengan pembangunan fisik. Khususnya di wilayah Kecamatan Porong yang saat ini 20% wilayahnya (640 Ha) merupakan area terdampak Lumpur Sidoarjo. Demikian halnya dengan Kecamatan Balongbendo yang merupakan salah satu wilayah pertanian di Kabupaten Sidoarjo. Sejak 2005 hingga 2009 terjadi penurunan luas lahan pertanian sebesar 8,83% yang berubah menjadi lahan terbangun. Sehingga lahan tersisa untuk pengembangan RTH semakin sempit dengan demikian dapat diasumsikan semakin susah untuk menentukan lokasi penambahan RTH. Menyikapi kondisi lingkungan tersebut, maka alternatif ke tiga lebih memungkinkan untuk di terapkan di Kabupaten Sidoarjo.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Melalui analisa dan pembahasan pada bab sebelumnya, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Luas RTH di Kabupaten Sidoarjo telah sesuai dengan Rencana Induk Kota (RIK) terhadap kebutuhan RTH yakni 30% dari luas area kabupaten.
2. Luas RTH eksisting di Kabupaten Sidoarjo dalam memenuhi fungsi serapan emisi CO₂ sudah mencukupi, namun kecukupan itu tidak merata. Dua kecamatan yang belum memenuhi yakni Kecamatan Balongbendo dan Porong belum mencukupi untuk menyerap beban emisi CO₂ di wilayahnya.
3. Secara teknis luas RTH di Kabupaten Sidoarjo 1.508.301,25 Ha sudah memenuhi persyaratan 30% dari luas wilayah kabupaten. Berdasarkan analisis aspek lingkungan dan ekonomi, dibutuhkan penambahan RTH perdu dan pohon seluas 1,8 Ha di Kecamatan Porong dan 30,19 Ha di Kecamatan Balongbendo.

5.2. Saran

Untuk menyempurnakan penelitian selanjutnya saran yang dapat diberikan yaitu:

1. Sebaiknya dilakukan analisis mengenai penghitungan kecukupan RTH dalam menyerap emisi CO₂ dengan pendekatan jenis tanaman dan dengan memperhitungkan kontribusi emisi CO₂ sektor persampahan dan Tempat Pembuangan Akhir (TPA).
2. Sebaiknya dilakukan penelitian lanjutan menggunakan *Box Model* dengan asumsi nilai besar dan arah angin kondisi yang sesungguhnya.

-Halaman ini sengaja dikosongkan-

DAFTAR PUSTAKA

- Adiastari, R. (2010). *Kajian Mengenai Kemampuan Ruang Terbuka Hijau (RTH) Dalam Menyerap Emisi Karbon Di Kota Surabaya*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Anonim. (2006). *Makalah Lokakarya IPB tentang Pengembangan Sistem RTH di Perkotaan*. Lab. Perencanaan Lanskap Departemen Arsitektur Lanskap Fakultas Pertanian – IPB.
- Anonim. (2014). *Pengertian Pendugaan Cepat (Rapid Assessment Process)*. <http://arti-definisi-pengertian.info/pengertian-pendugaan-cepat-rapid-assessment>. Diakses pada 29 November 2014 pukul 19:00.
- Anonim. (2010). *Masterplan Ruang Terbuka Hijau Kabupaten Sidoarjo*.
- Anonim. (2013). *Ekosistem, Daur Karbon*. <http://fitri-smanda.blogspot.com/2013/04/ekosistem-a.html>. Diakses pada 20 September 2014 pukul 23:34)
- Aziz, Abdul. (2010). *Pemetaan Kecukupan Vegetasi Untuk Mereduksi Konsentrasi Karbon Dioksida (CO₂) Di Kampus ITS Surabaya*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- BPPD Kabupaten Sidoarjo. (2014). *Kajian Sistem Jaringan Lalu Lintas dan Angkutan Jalan di Kabupaten Sidoarjo*. Sidoarjo: BPPD Kabupaten Sidoarjo.
- BPS Kabupaten Sidoarjo. (2013). *Kabupaten Sidoarjo Dalam Angka 2013*. Sidoarjo: BPS Jawa Timur.
- BPS Kabupaten Sidoarjo. (2014). *Kabupaten Sidoarjo Dalam Angka 2014*. Sidoarjo: BPS Jawa Timur.
- BPS Nasional. (2010). *Klasifikasi Perkotaan dan Perdesaan Di Indonesia*: BPS Indonesia.
- Budiharjo, E dan D. Sujarto. (2005). *Kota Berkelanjutan*. Bandung. Alumni
- Budiman, Arief. (2010). *Analisis Manfaat Ruang Terbuka Hijau untuk Meningkatkan Kualitas Ekosistem Kota Bogor dengan Menggunakan Metode GIS*. Tugas Akhir Departemen Arsitektur Lanskap Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor.
- Dahlan, E.N. (2004). *Membangun Kota Kebun Bernuansa Hutan Kota*. IPB Press, Bogor.
- Dahlan, E. N. (2007). *Analisis Kebutuhan Luasan Hutan Kota Sebagai Sink Gas CO₂ Antropogenik dari Bahan Bakar Minyak dan Gas di Kota Bogor dengan Pendekatan Sistem Dinamik*. Disertasi. Bogor: Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor.
- GIS Konsorsium Aceh Nias. (2007). *Modul Pelatihan ArcGIS Tingkat Dasar*.
- Hermana, J. (2003). *Orasi Ilmiah : Integrasi Ekoteknologi Dalam Program Perlindungan Lingkungan Udara Kota Surabaya*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Humas DPRD Kabupaten Sidoarjo. (2011). *Artikel Jumlah Industri Di Sidoarjo Terus Bertambah*. <http://dprd-sidoarjojab.go.id/jumlah-industri-terus-bertambah.html>. Diakses pada 31 Agustus 2014, Pukul 22:12.

- IPCC.2006.*IPCC guidelines for National greenhouse gas inventories*. In:Eggleston, H.S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., Tanabe, K. (Eds.), Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC. IPCC/OECD/IEA, Hayama, Japan.
- Johana, Feri. Dkk (2013). *Perancangan Aksi Mitigasi Untuk Mendukung Rencana Pembangunan Rendah Emisi di Kabupaten Kutai Barat, Kalimantan Timur*. Bogor: World Agroforestry Center.
- Kementrian Lingkungan Hidup Republik Indonesia. (2012). *Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional*. Jakarta.
- Kusminingrum, Nanny. (2008). *Potensi Tanaman dalam Menyerap CO₂ da CO untuk Mengurangi Dampak Pemanasan Global*. Jurnal Pemukiman, Vol. 3, No. 2.
- Masripatin, Nur., Krisfianti Ginoga. Dkk. (2010). *Pedoman Pengukuran Karbon untuk mendukung Penerapan REDD+ Di Indonesia*. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Perubahan Iklim dan Kebijakan.
- Mawardah, Luluk, dan Ririn Dian Mutfianti. (2013).*Penataan Ruang Terbuka Hijau Sebagai Cara Optimalisasi Pembeentukan Karakter Kota Studi Kasus Ruang Terbuka Hijau di Pusat Kota Pacitan*. Jurnal Eco-Teknologi UWIKA. ISSN: 2301-850X. Vol. I, Issue 2.
- Mulyadin, R. Mohammad dan R. Esa Pangersa Gusti. (2013). *Analisis Kebutuhan Luasan Area Hijau Berdasarkan Daya Serap CO₂ Di Kabupaten Karanganyar Jawa Tengah*. Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan, Vol.10, No. 4.
- Pemerintah Kabupaten Sidoarjo. (2009). *Peraturan Daerah Kabupaten Sidoarjo Nomor 6 Tahun 2009 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Sidoarjo Tahun 2009-2029*.
- Pemerintah Kota Surabaya. (2012). *Standar Satuan Harga Belanja daerah Kota Surabaya 2012*.
- Pentury, T. (2003). Disertasi: *Konstruksi Model Matematika Tangkapan CO₂ Pada Tanaman Hutan Kota*. Surabaya: Universitas Airlangga.
- Pradiptiyas, Driananta. (2011). *Analisis kecukupan ruang terbuka hijau sebagai penyerapan emisi CO₂ di Perkotaan menggunakan program stella (Studi kasus : Surabaya Utara dan Timur)*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Pradiptya, Reza. (2012). *Pemetaan Distribusi Suhu Permukaan Sebagai Dasar Pengembangan Ruang Terbuka Hijau Di Kabupaten Sidoarjo*. Skripsi. Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor.
- Pratiwi, Siti Rahmatia. (2012). *Analisis Kecukupan Ruang Terbuka Hijau Privat Permukiman Dalam Menyerap Emisi CO₂ Dan Memenuhi Kebutuhan O₂ Di Surabaya Utara (Studi Kasus : Kecamatan Kenjeran)*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Republik Indonesia. (2007). *Peraturan Menteri Dalam Negeri No. 1 Tahun 2007 tentang: Penataan Ruang Terbuka Hijau Kawasan Perkotaan*. Jakarta.

- Republik Indonesia. (2008). Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 05/PRT/M/2008 *tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Perkotaan*. Jakarta.
- Republik Indonesia. (2011). *Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 71 Tahun 2011 Tentang Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional*. Jakarta.
- Republik Indonesia. (2012). Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 05/Prt/M/2012 *tentang Pedoman Penanaman Pohon Pada Sistem Jaringan Jalan*. Jakarta.
- Retnowati, Dya Dwi. (2014). *Kinerja Pemerintah Daerah Dalam Pelaksanaan Urusan Wajib Lingkungan Hidup (Studi Kasus Pengendian Pencemaran Limbah Industri Di Sidoarjo)*. Jurnal Kebijakan dan Manajemen Publik, Vol.1, No. 1.
- Rizkatania, Radinia. (2012). *Analisis Kecukupan Ruang Terbuka Hijau (RTH) Privat Permukiman Dalam Menyerap Emisi CO₂ dan Memenuhi Kebutuhan O₂ Manusia di Surabaya Pusat (Studi Kasus: Kecamatan Tegalsari)*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Samiaji, T. (2009). *Upaya Mengurangi CO₂ di Atmosfer*. Berita Dirgantara, Vol. 10, No. 3, hal. 92-95.
- Setiawan, Agus. (2013). *Analisis Kecukupan Ruang Terbuka Hijau Berdasarkan Penyerapan Emisi CO₂ dan Pemenuhan Kebutuhan Oksigen di Kota Probolinggo*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Setiawan, Eko. (2009). *Kearifan Lokal Pola Tanam Tumpangsari Di Jawa Timur*. Jurnal Agrovigor, Vol. 2, No. 02.
- Suhendang E. (2002). *Pengantar Ilmu Kehutanan*. Bogor: Yayasan Penerbit Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor.
- Tinambunan R. S. (2006). *Analisis Kebutuhan Ruang Terbuka Hijau di Kota Pekanbaru*. Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Yusrinowati, Putri. (2012). *Analisis Kecukupan Ruang Terbuka Hijau Privat Permukiman Dalam Menyerap Co₂ Dan Memenuhi Kebutuhan O₂ Di Surabaya Timur (Studi Kasus : Kecamatan Sukolilo)*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Widyanadiari, Soegih Ratri. (2011). *Analisis Kecukupan Ruang Terbuka Hijau Sebagai Penyerap Emisi CO₂ Di Perkotaan Menggunakan Program Stella (Studi Kasus : Surabaya Pusat & Selatan)*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

-Halaman ini sengaja dikosongkan-

BIODATA PENULIS



Nama : Izzati Winda Murti

**Email : [izzatiwinda@gmail.com/](mailto:izzatiwinda@gmail.com)
izzatiwinda@yahoo.com**

Penulis lahir di Kota Surabaya pada tanggal 14 November 1989. Merupakan anak pertama dan satu-satunya dari pasangan bapak Soehermadi dan ibu Surayatul Chasanah. Pendidikan formal di tempuh di TK Dharma Wanita Perumahan Pongangan Indah Gresik, SD Muhammadiyah Gresik Kota Baru, SMP Muhammadiyah 12 Gresik, dan SMA Negeri 1 Gresik. Jenjang pendidikan Sarjana ditempuh selama 4 tahun, sejak tahun 2008 hingga tahun 2012 di Program Studi Ilmu dan Teknologi Lingkungan Universitas Airlangga sebagai angkatan pertama di program studi tersebut. Untuk dapat meraih gelar Sarjana Teknik, penulis menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Desain Ulang Tempat Penyimpanan Sementara Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (TPS LB3) 4 di PT. Petrokimia Gresik”. Selama menempuh pendidikan sarjana, penulis aktif dalam beberapa organisasi mahasiswa. Salah satunya adalah sebagai Bendahara Umum Ikatan Mahasiswa Teknik Lingkungan Indonesia. Setelah selesai menempuh pendidikan sarjana, penulis melanjutkan pendidikan Program Master di Jurusan Teknik Lingkungan ITS Tahun 2013 dan selesai pada Bulan Januari 2015.

-Halaman ini sengaja dikosongkan-